MONTAJE ELECTRONICE DE VACANȚĂ

EDITURA ALBATROS

MONTAJE ELECTRONICE DE VACANȚĂ

Ing. EMIL MARIAN
Ing. ILIE MIHĂESCU
Fiz. MIRCEA SCHMOL
Ing. IMRE SZATMÁRY

EDITURA ALBATROS • BUCUREȘTI • 1988

NOTĂ ASUPRA EDIȚIEI

Pentru a veni în ajutorul tinerilor electroniști amatori, lucrarea de față își propune să completeze volumele anterioare, Radiorecepția A-Z *(1982) și* Practica electronistului amator *(1984), apărute în Editura Albatros, cu o suită de montaje practice din cîteva domenii de mare interes, în special audio și automatizare. De asemenea, au fost incluse o serie de noțiuni teoretice legate de montajele propuse, cît și sfaturi practice utile constructorilor amatori.*

În legătură cu montajele propuse, au fost luate în considerare produsele industriei electronice naționale, care pot fi procurate din comerț ori pot fi recuperate din aparatura dezafectată.

La elaborarea lucrării a participat un colectiv de specialiști cu o bogată activitate în domeniul electronicii:

ing. Emil Marian (E.M.)
ing. Ilie Mihăescu (I.M.)
fiz. Mircea Schmol (M.S.)
ing. Imre Szatmáry (I.S.)

Marea majoritate a montajelor prezentate sînt funcționale și pot fi realizate de electroniștii amatori în cadrul cercurilor de specialitate din școli, fie în laboratoare personale.

CAPITOLUL 1

DESPRE ELEMENTELE PASIVE DE CIRCUIT

A. REZISTOARE

1. GENERALITĂȚI

Rezistorul este componenta electronică pasivă cea mai utilizată în circuitele electronice.

În mod curent, în practică în loc de rezistor se mai spune și rezistență.

Rezistența este componenta pasivă de circuit cu două borne, care are proprietatea potrivit căreia între tensiunea la bornele ei și curentul care o parcurge există relația dată de legea lui Ohm:

$$U = RI,$$

unde R este mărimea rezistenței măsurată în ohmi (Ω).

Ea se mai poate defini ca fiind raportul dintre tensiunea aplicată la bornele ei și curentul care o străbate.

$$R = \frac{U}{I}$$

Din relația de mai sus rezultă că rezistența nu decalează curentul I față de tensiunea U de la borne.

Caracteristica „tensiune-curent" a rezistorului este prezentată în fig. I.1.

Pentru realizarea constructivă a rezistențelor este indicată definirea valorii R prin relația experimentală:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

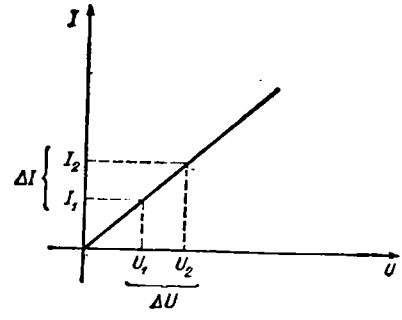


Fig. I.1. Caracteristica curent-tensiune a rezistorului.

unde: l — lungimea conductorului (m sau cm)

s — secțiunea conductorului (mm^2 sau cm^2)

ρ — rezistivitatea materialului; (constantă tabelată ce depinde de natura materialului) se măsoară în

$$\Omega \frac{mm^2}{m}.$$

Inversul rezistivității, $\sigma = \frac{1}{\rho}$, se numește conductibilitate (conductivitate) electrică.

Unitatea de măsură a rezistenței este ohmul (Ω) definit ca rezistența unui conductor străbătut de un curent de 1 A cînd i se aplică o tensiune de 1 V.

În practică sînt des utilizaţi multiplii ohmului:

1 G Ω = 10^3M Ω = 10^6k Ω = 10^9 Ω

1 M Ω = 10^3 Ω = 10^6 Ω

1 k Ω = 10^3 Ω

2. CARACTERISTICI GENERALE

Rezistenţa nominală reprezintă mărimea rezistenţei indicată în clar sau cu ajutorul codului culorilor pe corpul rezistorului. Ei i se asociază şi o toleranţă exprimată în procente.

În funcţie de mărimea rezistenţei nominale şi a toleranţei există recomandări internaţionale în serii de valori nominale. În tabelul I.1. sînt menţionate aceste valori în cazul seriilor E24 (toleranţă ±5%); E12 (toleranţă ±10%); E6 (toleranţă ±20%).

Rezistenţele de precizie şi rezistenţele etalon au toleranţe de ±5% şi ±2% (seria E48), respectiv ±2% şi ±1% (seria E96).

TABELUL I.1.

Serii de valori pt. componente electronice pasive

Seria E6 ±20%	Seria E12 ±10%	Seria E24 ±5%	Seria E6 ±20%	Seria E12 ±10%	Seria E24 ±5%	Seria E6 ±20%	Seria E12 ±10%	Seria E24 ±5%
1	1	1	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7
		1,1			2,4			5,1
	1,2	1,2		2,7	2,7		5,6	5,6
		1,3			3			6,2
1,5	1,5	1,5	3,3	3,3	3,3	6,8	6,8	6,8
		1,6			3,6			7,5
	1,8	1,8		3,9	3,9		8,2	8,2
		2			4,3			9,1

Puterea nominală, Pn [W], reprezintă puterea maximă pe care o poate disipa rezistenţa în condiţii de mediu exterior determinate, timp îndelungat, fără să-şi modifice sensibil valoarea.

Ea rezultă din relaţiile:

$$P_n = RI^2 \text{ sau } P_n = \frac{U^2}{R}$$

şi pentru producţia de serie are valorile de: 0,1; 0,125; 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 1; 2; 5; 10 W.

Puterea nominală admisă depinde de tipul constructiv. În cazul rezistenţelor chimice se ating puteri pînă la 500 W, iar în cazul celor bobinate pînă la 1 000 W.

Valorile nominale ale puterii rezistenţelor de la 0,25 pînă la 10 W se notează pe schemele electrice aşa cum se arată în figura I.2.

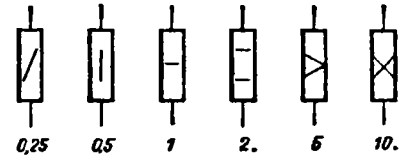


Fig. I.2. Modul de notare în scheme a puterilor de disipaţie pentru rezistoare.

Practic la alegerea rezistoarelor se ia un coeficient de siguranţă cu pînă la 40% mai mare faţă de valoarea rezultată din calcul.

Tensiunea nominală de lucru reprezintă tensiunea care poate fi aplicată la bornele rezistorului în condiţii normale ale mediului fără ca rezistorul să se distrugă.

Ea se determină cu relaţia:

$$U = \sqrt{P_n R_n}$$

Mărimea tensiunii nominale depinde de dimensiunea și construcția rezistorului. În practică, cele mai uzuale valori pentru tensiunea nominală sînt: 150; 200; 250; 350; 500; 750; 1000 V.

Coeficientul de temperatură [$^{o}/_{o}$] caracterizează stabilitatea valorii nominale a rezistenței în timp la variațiile de temperatură.

Legea de variație a rezistenței cu temperatura este:

$$R_t = R[1 + \alpha_R(t - t_o)] \ [\Omega],$$

unde R și R_t sînt valorile rezistenței la temperatura de 20°C și respectiv la o temperatură oarecare t.

Rezistența în curent alternativ. Schema echivalentă a unui rezistor real este prezentată în figura I.3.

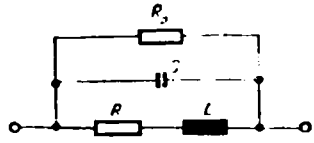


Fig. I.3 Schema echivalentă a unui rezistor real

În curent alternativ mărimea rezistenței rezistorului diferă de valoarea măsurată în curent continuu datorită:

— capacității și inductanței distribuite pe lungimea elementului rezistiv;

— efectelor de suprafață;

— pierderile dielectrice din suport.

Rezistențele bobinate se caracterizează prin valori mari ale capacității și inductanței proprii și de aceea rezistența lor scade la frecvențe relativ joase de ordinul kiloherților.

La rezistențele nebobinate valorile capacității și inductanței proprii sînt mult mai mici și de aceea pot fi utilizate pînă la frecvențe de ordinul miilor de megaherți.

Tensiunea de zgomot, E_{zg} [$\mu V/v$] reprezintă t.e.m. alternativă care apare suplimentar la bornele rezistorului parcurs de un curent continuu.

Ea apare datorită mișcării termice a electronilor și a trecerii fluctuante a curentului electric prin particulele materialului conductor.

Raportul dintre tensiunea de zgomot și tensiunea de curent continuu aplicată la bornele rezistorului definește factorul de zgomot al rezistorului, care se măsoară în $\mu V/V$ sau în dB.

Factorul de zgomot este de 1...5 $\mu V/V$ pentru rezistoarele peliculare de uz general și sub 1 μV pentru rezistoarele speciale.

3. MARCAREA REZISTOARELOR

În practică se utilizează două metode de marcare a rezistoarelor: în clar și în codul culorilor.

Marcarea în clar. Pe corpul rezistorului se înscrie valoarea sa nominală și toleranța.

Rezistoarele de fabricație românească sînt marcate astfel:

— pentru rezistoarele de 1...999 Ω se înscrie doar valoarea,

— pentru rezistoarele de 1...999 kΩ se înscrie valoarea și k,

— pentru rezistoarele de 1 MΩ... 10 MΩ se înscrie valoarea și M.

Marcarea în codul culorilor. Codul culorilor este utilizat pentru marcarea mărimii rezistenței nominale și a toleranței.

Tabelul I.2. prezintă modul de utilizare a codului culorilor la rezistoare.

Inelul		CULOAREA	Negru	Maro	Roşu	Portocaliu	Galben	Verde	Albastru	Violet	Gri	Alb	Auriu	Argintiu	Fără culoare
A	Valoarea	Prima cifră semnificativă	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	–	–	–
B		A doua cifră semnificativă	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	–	–	–
C		Coeficient de multiplicare	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	–
D		Toleranţa %	–	±1	±2	–	–	–	–	–	–	–	±5	±10	–

4. CLASIFICAREA REZISTOARELOR

După caracteristica tensiune—curent se deosebesc două categorii de rezistoare: rezistoare liniare şi rezistoare neliniare.

Rezistoarele liniare din punct de vedere constructiv se împart în două subfamilii:

A. *Rezistoare cu rezistenţă fixă* — rezistoarele la care valoarea este stabilită în timpul procesului de fabricaţie şi rămîne constantă pe întreaga durată de funcţionare.

B. *Rezistoare cu rezistenţă reglabilă*— rezistoarele a căror construcţie permite modificarea valorii rezistenţei în limite stabilite prin deplasarea pe elementul rezistiv a unui contact.

Rezistoarele cu rezistenţă fixă sînt de trei tipuri: bobinate, peliculare şi de volum.

Rezistoarele bobinate se clasifică după destinaţie în: rezistoare de uz general, rezistoare de precizie şi rezistoare de înaltă frecvenţă.

Elementul rezistiv al acestor componente este un conductor izolat, din aliaje de mare rezistivitate.

Cele mai utilizate aliaje sînt: manganină, constantan şi crom-nichel.

Constructiv rezistorul bobinat constă dintr-o carcasă cilindrică sau plată cu contacte pentru terminale, pe care se bobinează elementul rezistiv în unul sau mai multe straturi.

Rezistenţa nominală are valori de la fracţiuni de ohm pînă la sute de kiloohmi (valori mai mari, de ordinul megohmilor, se întîlnesc mai rar datorită problemelor tehnologice).

Toleranţele sînt cuprinse între ±0,05... ± 0,5% pentru rezistoare de precizie şi ±5 ... +20% pentru rezistoare de uz normal.

Rezistoarele peliculare sînt cele mai utilizate în practică. Au elementul rezistiv realizat sub forma unui strat subţire de material depus pe un suport

izolator căruia i se atașează contacte și fire de conexiune numite terminale.

După natura materialului rezistiv întîlnim: rezistoare cu peliculă de carbon, rezistoare cu peliculă metalică, rezistoare cu pelicule din oxizi metalici și rezistoare cu pelicule din materiale semiconductoare.

Rezistoarele cu peliculă de carbon La aceste componente, elementul rezistiv este o peliculă de carbon pirolitic, obținută prin descompunerea metanului la temperatură ridicată în vid sau în mediu de gaz inert.

Principalele proprietăți ale acestor rezistoare sînt:

— stabilitate ridicată a parametrilor,

- rezistență la suprasarcini în impuls,

- nivel coborît de zgomot,

— coeficient coborît de temperatură,

— dependența mică a rezistenței de tensiune și frecvență.

Acest tip de rezistor se realizează într-o gamă largă de valori 10Ω... 10 MΩ.

Datorită caracteristicilor electrice și de exploatare bune ele sînt folosite în echipamente de larg consum și în echipamente semiprofesionale.

Rezistoarele cu peliculă metalică au stratul rezistiv sub formă de peliculă de diverse metale sau aliaje de mare rezistivitate, depuse prin evaporare în vid pe un suport izolator. Metalele cele mai utilizate sînt: cromul, wolframul, tantalul sau aliaje ale diverselor metale cu cromul (ex. crom-nichel).

Față de rezistoarele cu peliculă de carbon cele cu peliculă metalică au coeficient de tensiune și factor de zgomot mai mici, masa și gabaritul reduse, stabilitate termică ridicată și caracteristici de frecvență mai bune.

Rezistoarele cu pelicule din oxizi metalici reprezintă unul din tipurile cele mai de perspectivă. Stratul lor conductor se realizează prin depunerea pe un suport izolator fie a unor metale (staniu, tantal) și oxidarea lor, fie a unor oxizi.

Față de celelalte tipuri de rezistoare acestea se caracterizează printr-o mai mare stabilitate termică.

Valorile realizate sînt cuprinse între 1 Ω ... 100 Ω și la puteri de la 0,1 W la cîteva sute de wați.

Rezistoare de volum. Spre deosebire de celelalte tipuri de rezistoare, la care elementul rezistiv era depus pe un suport izolant, la cele de volum elementul rezistiv este realizat sub forma unei bare obținută prin presarea unei compoziții speciale. La capetele acestei bare se fixează terminalele și întregul sistem se înglobează într-o masă de plastic.

Elementul rezistiv utilizat poate fi:

— carbon—ceramică

— metal—ceramică

— lac negru de fum.

Acest tip de rezistoare au volum mic și admit suprasarcini de scurtă durată.

Se realizează într-o gamă largă de rezistențe (10 Ω ... 10 MΩ), la puteri de 0,25; 0,5; 1 și 2 W.

Rezistoarele reglabile

Din această categorie fac parte potențiometrele. Ele îndeplinesc funcția de element de reglaj în circuitele în care e necesar un rezistor cu rezistență variabilă.

Constructiv, potențiometrul e realizat dintr-un rezistor pe care alunecă un cursor. El are cel puțin trei borne: două corespund capetelor elementului rezistiv și una cursorului.

După modul de variație a rezistenței în funcție de unghiul de rotație a axului, potențiometrele se împart în: liniare, logaritmice, exponențiale.

După construcție, potențiometrele pot fi: simple, duble, tandem și miniatură. Toate aceste tipuri pot fi realizate cu sau fără întrerupător.

În funcție de elementul rezistiv întîlnim potențiometre chimice și potențiometre bobinate.

Potențiometrele chimice au elementul rezistiv realizat prin depunere pe un suport izolant din pertinax.

Potențiometrele bobinate sînt realizate prin înfășurarea unui conductor metalic de mare rezistivitate pe un suport izolant.

La ambele tipuri de potențiometre cursorul e realizat din bronz fosforos, pentru a realiza un contact sigur și pentru a nu uza elementul rezistiv.

Conectarea rezistoarelor

În montajele practice, rezistoarele fixe se leagă în serie sau paralel (fig. I.4).

Valorile rezistențelor echivalente montajului serie și paralel sînt:

$$R_{ts} = \sum_{i=1}^{n} R_i \text{ și } \frac{1}{R_{tp}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}.$$

La montajul serie, curentul I este comun tuturor rezistoarelor, în timp ce tensiunea U la borne se divide în $U_1 U_2, \ldots U_n$.

La montajul paralel, tensiunea U este cea care rămîne aceeași pentru toate rezistoarele, iar curentul se divide în $I_1, I_2, \ldots I_n$.

Deosebit de utile în aplicații practice sînt divizoarele de tensiune și curent.

Cu ajutorul divizorului de tensiune se poate calcula tensiunea la bornele unei rezistențe dintr-un circuit serie format din n rezistoare cînd se cunosc valorile rezistoarelor și tensiunea care se aplică acestora:

$$U_{ei} = \frac{R_i}{\sum_{i=i}^{n} R_i} \cdot U_i$$

Divizorul de curent permite calculul curentului dintr-o anumită latură a unui circuit paralel format din n rezistoare cînd se cunoaște valoarea acestora și curentul total din circuit.

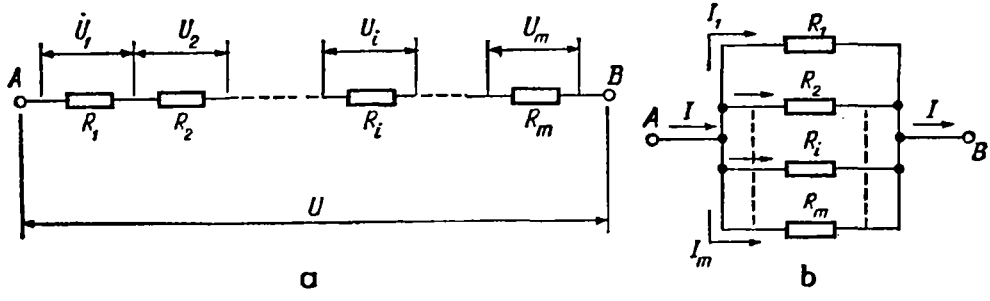


Fig. I.4. Conectarea rezistoarelor; *a* — serie, *b* — paralel.

$$I_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^{n} R_i} I.$$

B. CONDENSATOARE (CAPACITOARE)

1. GENERALITĂȚI

Condensatorul electric sau capacitorul este un dispozitiv compus din două armături despărțite printr-un dielectric.

Funcționarea lui se bazează pe proprietatea de a acumula sarcini electrice Q pe armături, cînd între acestea se aplică o diferență de potențial (tensiune) U.

$$C = \frac{Q}{U}.$$

Procesul de acumulare a sarcinii electrice reprezintă încărcarea condensatorului. Ea se efectuează după o lege exponențială de forma:

$$U_c = E\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

unde: E — tensiunea sursei de alimentare
τ — constanta de timp (t) de încărcare ($\tau = RC$).

Cu alte cuvinte s-ar putea spune că tensiunea aplicată la bornele condensatorului se înmagazinează în aceasta.

Curba de încărcare a condensatorului e prezentată în figura I.5.

Dacă îndepărtăm sursa, condensatorul va rămîne încărcat pînă în momentul în care se conectează un consumator (rezistor, impedanță).

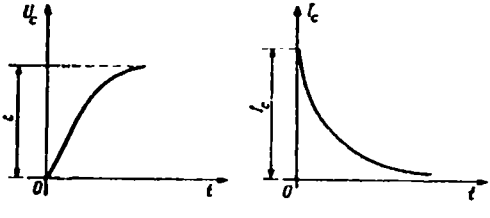


Fig. I.5. Curba de încărcare a condensatorului.

Curba de descărcare a condensatorului e prezentată în figura I.6.

Curentul de descărcare depinde de sarcina aplicată

$$I = \frac{U_c}{Z}$$

unde: U_c — tensiunea pe condensator
Z — impedanța folosită ca sarcină.

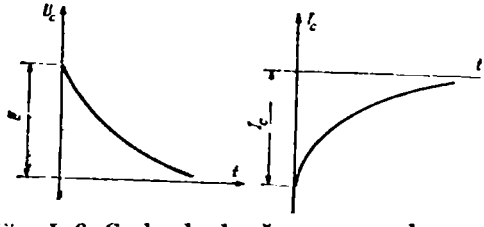


Fig. I. 6. Curba de descărcare a condensatorului.

De aceea, atingerea cu mîna a bornelor condensatoarelor (sau armăturilor) poate deveni periculoasă în cazul condensatoarelor cu capacități mari și la tensiuni ridicate.

Unitatea de măsură a capacității este *faradul* (F) definit ca fiind capacitatea condensatorului care la o diferență de potențial de 1 V acumulează o cantitate de sarcini electrice de un coulomb (C). În practică faradul este o unitate prea mare. De aceea se folosesc submultiplii acestuia: microfaradul (μF), nanofaradul (nF) și picofaradul (pF).

$$1\text{F} = 10^6\ \mu\text{F} = 10^9\ \text{nF} = 10^{12}\ \text{pF}$$

Condensatoarele au utilizări multiple ca: elemente de acord în circuite oscilante, elemente de decuplare, de cuplare, de filtraj a tensiunii redresate, divizoare de tensiune.

Cele mai utilizate simboluri pentru reprezentarea condensatoarelor în schemele electronice sînt prezentate în figura I.7.

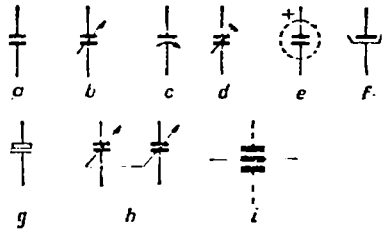


Fig. 1.7. Simboluri utilizate în scheme pentru condensatoare; *a* — simbolul general al capacității, *b* — condensator cu capacitate variabilă, *c*, *d* — condensator ajustabil (trimer), *e*, *f*, *g* — condensator electrolitic, *h* — bloc de condensatoare cu capacitate variabilă (condensatoare variabile duble), *i* — condensator de trecere.

2. CARACTERISTICI PRINCIPALE ALE CONDENSATOARELOR

Capacitatea nominală reprezintă valoarea înscrisă pe corpul condensatorului. Alături de această valoare este înscrisă și toleranța (%) care reprezintă abaterea maxim admisă a valorii reale față de valoarea nominală.

În cazul condensatoarelor cu gabarite mici, mărimea capacității nominale și a toleranței se marchează în codul culorilor (tabelul 1.3.).

TABELUL 1.3.

Capacitoare (valori în pF)

Culoarea	*Coeficient de temperatură* [$\times 10^{-6}$/°C]	*Semnificația primelor două elemente colorate*	*Factor de multiplicare*			*Toleranța*		
			C. ceramice	*C. cu mică*	*C. cu hârtie*	*Ceramice C ⩾ 10 pF* [%]	*Cu mică C > 10 pF* [%]	*Cu hârtie* [%]
Negru	0	0	1	1	1	± 2	± 20	± 20
Maro (cafeniu)	—33	1	10	10	10	± 0,1	± 1	± 1 —
Roșu	— 75	2	10^2	10^2	10^2	± 0,25	± 2	± 2
Portocaliu	— 150	3	10^3	10^3	10^3	—	± 2,5	± 3 -
Galben	— 220	4	10^4	10^4	10^4	—	± 100	—
Verde	- 330	5	—	—	10^5	± 0,5	± 5	± 5
Albastru	—470	6	—	-	10^6		—	—
Violet	— 750	7	—	—	10^7		—	—
Gri (cenușiu)	—2200	8	10^{-2}		10^8	—	- 20 +80	± 5--
Alb	+120	9	10^{-1}		10^9	1	± 10	--+ 10
Auriu	—100			10^{-1}	10^{-1}	—	—	± 5
Argintiu	—		-	—	—	—	—	± 10

Capacitoarele ceramice se marchează aproape întotdeauna prin aplicarea a cinci sau trei benzi, inele sau puncte colorate pe corpul capacitorului. La capacitoarele disc și plachetă, citirea se face începînd de la terminale, iar la cele tubulare de la inelul mai gros. Evaluarea valorii se face conform tabelului 1. 3 astfel:

A. La capacitoarele cu 3 elemente colorate,
— prima culoare indică prima cifră semnificativă;
— a doua culoare indică a doua cifră semnificativă;
— a treia culoare indică ordinul de multiplicare.

Capacitoarele marcate cu trei marcaje colorate au coeficientul de temperatură mare și o toleranță în general de −20 ... +80%.

B. La capacitoarele cu 5 elemente colorate,
— prima culoare indică coeficientul de temperatură;
— a doua culoare indică prima cifră semnificativă;
— a treia culoare indică a doua cifră semnificativă;
— a patra culoare indică ordinul de multiplicare;
— a cincea culoare indică toleranța.

Rigiditatea dielectrică este caracterizată prin tensiunea nominală, tensiunea de încercare și tensiunea de străpungere.

Tensiunea nominală este valoarea maximă a tensiunii care aplicată condensatorului nu duce la străpungerea acestuia.

În cazul folosirii condensatoarelor la tensiuni mai mari decît tensiunea de lucru, durata de viață a acestora se micșorează.

Tensiunea de încercare este tensiunea maximă care aplicată într-un interval scurt (de la cîteva secunde la cîteva minute) nu produce străpungerea condensatorului.

În general

$$U_{\text{încercare}} = (2...3)\ U_{\text{nominală}}$$

Tensiunea de străpungere este tensiunea minimă la care se produce străpungerea dielectricului.

În cazul folosirii condensatoarelor în circuite cu tensiune pulsatorie, suma dintre tensiunea de curent continuu și amplitudinea componentei alternative nu trebuie să depășească tensiunea nominală.

Rezistența de izolație între armăturile condensatorului și între armături și carcasă, caracterizează calitatea dielectricului condensatorului.

Valori mici ale acestei mărimi duc la apariția unor curenți ce influențează negativ funcționarea schemelor electronice. Acești curenți se numesc curenți de scurgere sau, pentru condensatoarele electrolitice, curenți de fugă.

Valoarea cea mai mare a rezistenței de izolație o au condensatoarele cu pelicule sintetice, iar cea mai mică, condensatoarele electrolitice.

Rezistența de izolație depinde de temperatură și de umiditate; la apariția acestor mărimi rezistența de izolație scade rapid.

Inductanța este formată din inductanța proprie a condensatorului și din inductanța conexiunilor.

Inductanța proprie depinde de dimensiunile elementului capacitiv de dispunerea acestuia în raport cu corpul metalic și de modul de conectare a terminalelor de armături.

Existența inductanței modifică mărimea capacității, conduce la dependența ei de frecvență și la apariția fenomenului de rezonanță.

Figura I.8. prezintă schema echivalentă simplificată a condensatorului și

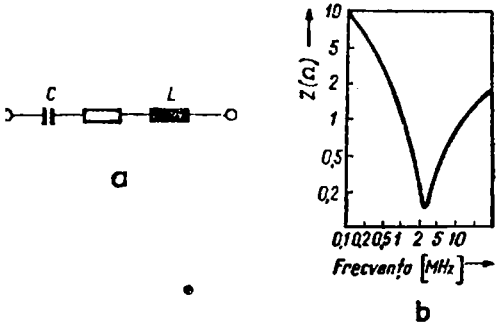


Fig. I.8. Schema electrică echivalentă a condensatorului *(a)* și variația impedanței lui cu frecvența *(b)*.

variația impedanței lui cu frecvența.

La rezonanță $\left(f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\right)$ impedanța acestui circuit este minimă și egală cu rezistența activă de pierderi. În afara frecvenței de rezonanță impedanța este mai mare și are un caracter reactiv; la frecvențe joase capacitiv și la frecvențe înalte inductiv.

De aceea, condensatoarele trebuiesc utilizate la frecvențe mult mai mici decît frecvența de rezonanță (frecvența de lucru să fie de 2...3 ori mai mică decît frecvența de rezonanță), domeniu în care are comportare de condensator.

Micșorarea inductanței condensatorului se realizează prin:

1. reducerea dimensiunilor de gabarit ale condensatorului;

2. realizarea terminalelor din benzi în loc de sîrmă;

3. scurtarea lungimii terminalelor.

Tangenta unghiului de pierderi este raportul dintre puterea activă în condensator și puterea reactivă. Inversul acestei mărimi definește factorul de calitate al condensatorului:

$$Q_c = \frac{1}{tg\delta}$$

Asupra mărimii pierderilor o influență semnificativă o au temperatura, umiditatea și frecvența; cu creșterea acestor factori, pierderile în condensator cresc.

În general pierderile condensatoarelor (cu excepția celor electrolitice) sînt mici $tg\delta = (1 \pm 0{,}1)\%$;

$$Q_c = 100 \ldots 1\,000$$

Siguranța în funcționare. Pentru creșterea siguranței în funcționare a condensatoarelor se recomandă:

1. utilizarea lor la tensiuni sub tensiunea nominală;

2. evitarea încălzirii lor.

Practica arată că numărul defectărilor condensatoarelor se dublează pentru fiecare 10...15°C peste temperatura mediului ambiant. Foarte sensibile la creșterea temperaturii sînt condensatoarele electrolitice, pentru care o creștere a temperaturii cu 10...15°C le reduce durata de funcționare de 5...10 ori.

3. TIPURI CONSTRUCTIVE DE CONDENSATOARE

Condensatoare cu hîrtie

Aceste componente sînt încă des utilizate datorită costului redus al materialului dielectric utilizat — hîrtia — și mai ales simplității procesului tehnologic.

Procedeele de fabricație actuală permit realizarea condensatoarelor cu hîrtie într-o gamă largă de valori (100 pF la 100 μF) cu toleranțe ale capacității nominale de ±20% ± 10% ± 5% și la tensiuni ce ajung la zeci de kilovolți.

Rezistența de izolație a acestui tip de condensator nu este prea mare; ea are valori cuprinse între 1 000 MΩ/μF și 5 000 MΩ/μF.

Tangenta unghiului de pierderi este de $(3...10) \cdot 10^{-3}$ și depinde de materialele folosite ca armături, de densitatea hîrtiei, de substanța de impregnare și de modul cum se face impregnarea și uscarea bobinelor condensatorului.

Tehnologic condensatoarele cu hîrtie sînt de două tipuri:

— cu hîrtie impregnată în dielectric solid;

— cu hîrtie impregnată în dielectric lichid sau semilichid.

Ca dielectric solid se folosește cerezina și parafina, iar ca dielectric lichid sau semilichid uleiul mineral, uleiul de condensator, vaselină.

Condensatoarele cu hîrtie se realizează prin bobinarea a două folii de aluminiu pur și a mai multor straturi de hîrtie. Operația de bobinare este deosebit de importantă deoarece de modul cum se realizează depinde în bună parte calitatea condensatorului.

Condensatoare cu pelicule din material plastic

Aceste condensatoare sînt formate din două benzi de aluminiu, între care se găsesc cîteva pelicule de material plastic. La fel ca și la condensatorul cu hîrtie, întregul ansamblu este înfășurat sub formă de bobină.

Micșorarea gabaritului acestui tip de condensator se realizează prin folosirea unor pelicule de plastic metalizate.

Dintre tipurile de condensatoare cu pelicule din material plastic le amintim pe cele mai des întîlnite:

— *condensatoare cu polistiren* înglobate în material plastic și închise în tuburi sau cutii metalice. Au o stabilitate ridicată cu temperatura și umiditatea,

— *condensatoare cu politetrafloretilenă*. Se caracterizează prin temperaturi de lucru ridicate (200...250°C),

— *condensatoare cu polietilen tereftalat (mylar)*. Pot lucra la temperaturi de 125...250°C.

Condensatoare cu mică

Condensatoarele din această grupă folosesc ca dielectric plăci din mică (tip muscovit) cu grosimea 0,02... 0,6 mm. Condensatorul constă dintr-un pachet în care plăcile din mică alternează cu armăturile metalice.

Acest tip de condensatoare se caracterizează prin pierderi mici, stabilitate foarte mare și preț scăzut.

Condensatoarele cu mică pot fi folosite pînă la o frecvență de 100 MHz.

Condensatoare ceramice

Condensatoarele ceramice sînt formate dintr-un suport ceramic argintat pe două fețe prevăzute cu două terminale din sîrmă de cupru argintată, sudate pe pelicula de argint, întregul ansamblu fiind acoperit cu un strat protector de rășină.

După natura materialului folosit se disting condensatoare cu permitivitate dielectrică joasă, numite şi condensatoare ceramice de tip I, şi condensatoare cu permitivitate dielectrică înaltă sau condensatoare ceramice de tip II.

Condensatoarele ceramice de tip I au pierderi dielectrice mici şi permitivitate relativ stabilă cu temperatura. Pot fi realizate sub formă de disc, de plachetă, tubulară.

Capacitatea nominală a acestor tipuri de condensatoare este cuprinsă în gama 1,5 pF ... 1 000 pF. Tensiunea nominală are valori între 500 V şi 5 kV.

Condensatoarele ceramice de tip II se fabrică din ceramică cu permitivitate dielectrică foarte mare (1 500... 15 000), ceea ce permite obţinerea unei capacităţi specifice mult mai mari decît în cazul condensatoarelor ceramice de tip I.

Capacitatea nominală este cuprinsă între 220 pF şi 100 000 pF în cazul condensatoarelor simple de formă tubulară, disc sau plachetă sau pot ajunge pînă la 2μF în cazul condensatoarelor multistrat.

Tensiunile nominale se găsesc în limitele 30 V (pentru condensatoarele plachetă şi multistrat) şi 500...3 000 V (pentru condensatoarele disc).

Faţă de condensatoarele de tip I, acestea sînt mai instabile cu temperatura şi au o valoare mai mare a tangentei unghiului de pierderi.

Condensatoare electrolitice

Condensatoarele electrolitice se pot clasifica astfel:

— după natura materialului utilizat la confecţionarea armăturilor: cu aluminiu, cu tantal, cu niobiu etc.

— după tipul constructiv: cu electrolit lichid, semiuscat şi cu electrolit solid,

— după modul de utilizare în circuite: polarizate, semipolarizate şi nepolarizate.

Condensatoare electrolitice cu aluminiu, cu electrolit lichid

Este primul tip de condensator electrolitic construit; el constă dintr-un tub metalic cilindric din aluminiu (armătura de catod), în care se introduce anodul din aluminiu oxidat şi electrolitul lichid. În general se foloseşte ca electrolit o soluţie de acid boric.

Condensatoare electrolitice cu aluminiu, cu electrolit semiuscat

Acest tip de condensator este cel mai utilizat. Se obţine prin bobinarea următoarelor elemente:

— foaie de aluminiu, care este armătura pozitivă sau anodul, pe care este formată pelicula de oxid de aluminiu — care constituie dielectricul;

— una sau mai multe benzi de hîrtie impregnată în electrolit care constituie catodul;

— a doua folie de aluminiu, care realizează contactul cu electrolitul — contactul catodului.

Anodul condensatorului se realizează din folie de aluminiu cu suprafaţa netedă sau cu suprafaţa mărită artificial sau asperizată.

Condensatoarele electrolitice cu folie anodică din aluminiu neasperizat pre-

zintă performanțe electrice superioare celor care folosesc folie asperizată însă au capacitatea specifică mult mai mică.

Condensatoare electrolitice cu tantal

Condensatoarele electrolitice cu tantal s-au impus în scurt timp datorită calităților superioare. Acestea pot funcționa la temperaturi mai coborîte și într-o gamă mai largă de frecvențe, au o durată mare de funcționare și stocare și un curent de fugă extrem de mic în comparație cu condensatoarele electrolitice cu aluminiu.

Se realizează în două variante constructive: bobinate și cu anozi sinterizați.

Condensatoarele bobinate sînt asemănătoare din punct de vedere constructiv cu condensatoarele semiuscate cu aluminiu.

Oxidarea foliei de tantal — cu suprafață netedă sau asperizată — se realizează în electroliți pe bază de acid boric și borax. Pentru catod se folosește folia de tantal neoxidat.

Condensatoarele cu tantal, cu anozi sinterizați sînt cele mai utilizatte.

Anodul lor este un bloc, în general cilindric, din pulbere de tantal presată și sinterizată. În funcție de granulația pulberii și de condițiile de presare și sinterizare, se realizează suprafețe mari pe unitatea de volum a anodului. Sinterizarea se realizează la vid înaintat, la temperaturi de peste 2 000°C. Anozii sinterizați se oxidează, după care se încapsulează. În funcție de electrolitul utilizat întîlnim condensatoare cu electrolit lichid și cu electrolit solid. Ca electrolit lichid de impregnare se utilizează soluții de acid fosforic sau sulfuric și de clorură de litiu. Electrolitul solid este constituit dintr-un strat de bioxid de mangan obținut prin impregnarea anodului dintr-o soluție apoasă de azotat de mangan 50% și încălzirea lui timp de cîteva minute la o temperatură de 350—400°C. Contactul de catod în acest caz se obține prin depunerea pe stratul de bioxid de mangan a unui strat de grafit coloidal cu rezistența electrică mică.

Condensatoare cu capacitate variabilă

Condensatoarele cu capacitate variabilă sînt sisteme de plăci paralele din care unul se poate mișca în raport cu celălalt și în acest fel se modifică suprafața activă și deci capacitatea condensatorului. Sistemul fix se numește stator, iar cel mobil rotor.

Condensatoarele variabile se pot clasifica după dielectricul utilizat și după unghiul de rotire al sistemului mobil.

După dielectricul utilizat întîlnim condensatoare variabile cu dielectric aer și condensatoare cu dielectric solid.

Condensatoarele cu dielectric aer sînt cele mai utilizate în practică și se caracterizează prin pierderi dielectrice mici și printr-o mare stabilitate.

Condensatoarele cu dielectric solid au dimensiuni mici, dar sînt mai puțin stabile.

După unghiul de rotire al sistemului mobil se împart în:

— condensatoare cu unghi normal de rotire 180°;

— condensatoare cu unghi mărit de rotire (mai mare de 180°);

— condensatoare cu unghi redus de rotire (egal cu 90°).

Condensatoarele cu capacitate variabilă sînt folosite ca elemente de acord în circuite oscilante. De aceea este important a se cunoaște modul de variație a capacității cu unghiul de rotire. Din acest punct de vedere condensatoarele se împart:

— condensatoare cu capacitate variabilă liniară cu unghiul de rotire al sistemului mobil;

— condensatoare care realizează în domeniul de acord variația liniară a frecvenței cu unghiul de rotire (sînt utilizate în radioreceptoare și emițătoare, în echipamente de măsură);

— condensatoare care realizează variația liniară a lungimii de undă a circuitelor acordate proporțional cu unghiul de rotire al axului (utilizate în tehnica de măsură);

— condensatoare care realizează variația logaritmică a capacității cu unghiul de rotire a axului.

Condensatoare cu capacitate semireglabilă

Una din caracteristicile cele mai importante pe care le posedă condensatoarele semireglabile o constituie stabilirea lină a capacității și menținerea ei sigură.

Acest tip de condensator se poate clasifica în funcție de dielectricul folosit care poate fi aer sau un solid.

În practică se întîlnesc următoarele tipuri de condensatoare cu capacitate semireglabilă (trimer):

— *Condensatoare ajustabile cu aer.* Sînt realizate dintr-un suport ceramic pe care este fixat statorul și rotorul. Acest tip de condensator prezintă caracteristici electrice bune, dar datorită tehnologiei mai complexe se utilizează numai în echipamentele electronice speciale.

— *Condensatoare ajustabile cilindrice.* Constau dintr-un stator sub formă de tub și dintr-un rotor cilindric care se poate deplasa în interiorul statorului prin intermediul unei spirale cu pas mare. Valorile capacității nominale la acest tip de condensatoare este sub 20 pF.

— *Condensatoare ajustabile cu disc.* Sînt condensatoare de uz curent, ieftine, cu caracteristici corespunzătoare la dimensiuni mici. Sînt realizate dintr-un suport ceramic, statorul, pe care este fixat rotorul constituit dintr-un disc ceramic. Armăturile sînt realizate dintr-un strat de argint depus pe rotor și pe stator.

C. BOBINE

1. GENERALITĂȚI

Bobinele îndeplinesc funcții esențiale în montajele radio ca de ex.: elemente principale în circuite acordate simple sau cuplate, elemente de blocare pentru curentul alternativ de înaltă frecvență, la alcătuirea celulelor de filtraj și a filtrelor de bandă de tip *LC*.

Inductanța bobinelor se poate explica în două moduri:

Inductanța *L* reprezintă proprietatea unui circuit electric de a se opune oricărei variații a curentului care-l străbate.

Este cunoscut faptul că variațiile curentului și ale fluxului magnetic sînt interdependente și anume, modificările în valoarea curentului conduc la modificări corespunzătoare ale fluxului. La rîndul ei, variația de flux magnetic conduce la apariția unei t.e.m. în circuit. Deci, aplicînd bobinei o tensiune de alimentare, în circuit se va stabili un curent crescător care va determina apariția unui flux magnetic crescător. Această variație de flux duce la apariția unei t.e.m. de autoinducție, care are tendința de a se opune oricărei variații de curent sau flux din circuit. Proprietatea de comportare inductivă a bobinei se manifestă și la descreșterea fluxului magnetic. Astfel, la deconectarea tensiunii de alimentare, t.e.m. de autoinducție se opune descreșterii curentului și acesta va avea o variație lină spre zero.

Conform celor de mai sus, fluxul magnetic și curentul variază direct proporțional:

$$\Phi = Li \quad [Wb]$$

— unde L — este un coeficient de proporționalitate numit inductanță.

Inductanța se poate defini și ca o proprietate a bobinei de a acumula energie în cîmpul magnetic.

Aplicînd la bornele bobinei o tensiune, t.e.m. de autoinducție are tendința de a se opune creșterii curentului, deci sursa de alimentare va trebui să cheltuiască o energie suplimentară pentru a învinge opunerea prezentată de circuit. Această energie se înmagazinează în cîmpul magnetic al bobinei ($W_m = \frac{1}{2} LI^2$), în timp ce curentul crește de la 0 la I. La deconectarea tensiunii, rolurile circuitului și sursei de alimentare se inversează și anume circuitul se comportă ca un generator de energie față de sursă, ceea ce are ca efect scăderea treptată a curentului spre zero.

Unitatea de măsură a inductanței, henry, (H), reprezintă raportul dintre fluxul magnetic de 1 W și curentul de 1 A.

Valoarea inductanței se modifică cu temperatura similar cazului rezistoarelor:

$$L_1 = L[1 + \alpha_L(t - t_0)]$$

— unde α_L este coeficientul termic care indică variația relativă a inductanței la schimbarea temperaturii cu 1°C ($t - t_0 = 1°C$).

În schemele electrice bobinele se notează ca în figura 1.9.

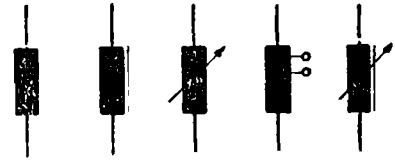


Fig. 1.9. Simboluri folosite în scheme pentru bobine.

2. CARACTERISTICI PRINCIPALE

În funcție de utilizare, inductanța bobinelor folosite în echipamente electronice variază de la cîțiva nanohenry la sute de milihenry. Pentru calculul bobinelor se folosesc formule sau grafice. Pentru orientare, în cele ce urmează se dau cîteva relații simple de calcul. Inductanța unei bobine de lungime l (lungimea bobinei este de

20...30 ori mai mare decît diametrul), cu secțiunea S, este dată cu precizie de 1...2% de relația:

$$L = \frac{4\pi N^2 S}{l}$$

N — numărul de spire al bobinei

În realitate lungimea este comparabilă cu diametrul ei (D) și în acest caz formula de calcul a inductanței este:

$$L = aN^2D \cdot 10^{-3},$$

unde L se obține în μH și D în cm, iar „a" este un coeficient a cărui valoare depinde de raportul $\frac{l}{D}$ și care se găsește în tabele.

2.1. Factorul de calitate

Factorul de calitate Q_L determină proprietățile de rezonanță și randamentul circuitului; el rezultă din relația:

$$Q_L = \frac{\omega L}{R}$$

unde: R — rezistența activă a bobinei compusă din rezistența electrică a conductorului în curent de înaltă frecvență. (La înaltă frecvență rezistența conductorului este mai mare datorită efectului pelicular sau de suprafață), rezistența corespunzătoare pierderilor în dielectricul carcasei, rezistența pierderilor corespunzătoare pierderilor în ecranul bobinei etc.

La frecvențe joase (domeniul undelor lungi), rezistența bobinei se determină în principal prin rezistența conductorului la frecvența respectivă, iar la frecvențe înalte (domeniul undelor scurte), influența primordială o au pierderile în dielectric.

Bobinele actuale utilizate în echipamente electronice au factorul de calitate cuprins între 50...300.

2.2. Capacitatea proprie

Este constituită din capacitatea distribuită între spirele bobinei și capacitatea între bobină și corpul echipamentului. Cu cît dimensiunile bobinei sînt mai mari cu atît capacitatea proprie a bobinei este mai mare. Ea depinde de construcția bobinei și are valori cuprinse între unități de picofarad și sute de picofarazi.

Frecvențele la care se realizează acordul între inductanța bobinei și capacitatea sa proprie se numește frecvența proprie a bobinei.

Capacitatea proprie a bobinei duce la scăderea stabilității bobinei și la micșorarea factorului său de calitate.

2.3. Stabilitatea

Se definește prin variația parametrilor bobinei în timp, la influența temperaturii, umidității, vibrațiilor.

Variația inductanței cu temperatura se caracterizează prin coeficientul de temperatură al inductanței α_L, determinat de modul de realizare al bobinajului și de calitatea dielectricului carcasei. Influența temperaturii asupra factorului de calitate și inductanței este condiționată de variația rezistenței conductorului, pentru conductoare din cupru Q_L scade cu aproximativ 10% la creșterea temperaturii cu cîte 30°C.

Fenomenul de îmbătrînire apare în cazul folosirii materialelor organice (hîrtie, materiale plastice).

Umiditatea provoacă creșterea capacității proprii și a pierderilor dielectrice. Protejarea bobinelor contra umidității se face prin ermetizare sau impregnare.

Sub acțiunea șocurilor și vibrațiilor pot apărea deplasări de spire care, în final, duc la modificarea inductanței bobinei.

3. CONSTRUCȚIA BOBINELOR

La realizarea bobinelor se ține seama de valoarea nominală a inductanței, gama frecvențelor de funcționare, stabilitatea, curentul prin bobină și tensiunea de funcționare, stabilitatea, curentul prin bobină și tensiunea la care este supusă.

Elemntele componente ale unei bobine sînt: carcasa, înfășurarea, miezul și ecranul.

Carcasa servește ca suport pentru înfășurare și în general are forma cilindrică cu suprafața lină sau cu nervuri. Se realizează din materiale ușor prelucrabile, cu calități izolatoare deosebit de bune.

Înfășurarea se caracterizează prin număr de spire, pas, număr de straturi și secțiuni.

La bobinele cu un singur strat spirele pot fi dispuse una lîngă alta sau la o anumită distanță. Bobinele într-un strat, cu spire distanțate, au un factor de calitate ridicat (150...400) și sînt deosebit de stabile.

Bobinele într-un singur strat asigură inductanțe pînă la 200...300 μH. Pentru valori mai ridicate ale inductanței se utilizează bobine cu mai multe straturi.

O variantă a bobinelor cu mai multe straturi larg utilizată în practică este cea care folosește bobinarea universală. La bobinarea universală, spirele sînt aranjate paralel una cu cealaltă dar se dispun alternativ de la un capăt la celălalt capăt al carcasei, intersectîndu-se sub un unghi. Acest mod de dispunere a spirelor conferă bobinei o bună rigiditate mecanică fără utilizarea unor carcase speciale, un factor de calitate ridicat și capacitate proprie redusă.

4. TIPURI DE BOBINE

Bobine cu miez magnetic

Majoritatea bobinelor utilizate în electronică au în componența lor un miez magnetic sau un miez nemagnetic.

Influența miezului asupra inductanței bobinei este caracterizată de permeabilitatea efectivă μ_e, astfel că inductanța unei bobine cu miez poate fi determinată, cu aproximație, cu relația:

$$L = \mu_e L_0,$$

în care L_0 este inductanța bobinei fără miez.

Miezurile sînt de două feluri: miezuri închise și miezuri secționate. Miezurile neînchise sînt de obicei de formă cilindrică sau tub. Construcția acestor miezuri permite modificarea inductanței prin deplasarea lor în lungul bobinei.

Miezurile magnetice se realizează din materiale magnetodielectrice și din ferite, iar cele nemagnetice din alamă sau cupru.

Bobine ecranate

Pentru a se înlătura cuplajele parazite, produse de cîmpuri electromagnetice exterioare, bobina se ecranează, prin introducerea ei în interiorul unei cutii metalice închise, care se conectează la masă.

Efectul de ecranare se caracterizează prin raportul dintre intensitatea cîmpului electric în prezența ecranului și în absența acestuia. Acest raport este de aproximativ 1/100...1/20, ceea ce înseamnă un raport suficient de mare pentru o parte a aplicațiilor practice. Pentru creșterea acestui raport, în practică se realizează două sau chiar trei ecrane.

Stabilitatea bobinelor ecranate este mai slabă decît a celor neecranate, deoarece sub influența factorilor care modifică stabilitatea se modifică atît dimensiunile geometrice, cît și rezistența ecranului .

Influența ecranului asupra parametrilor bobinei se manifestă cu atît mai puternic cu cît pereții săi sînt mai apropiați de bobină.

Pentru a slăbi influența ecranului se poate plasa un cilindru din ferită între ecran și bobină; o astfel de dispunere slăbește cîmpul magnetic exterior al bobinei și cuplajul său cu ecranul, ceea ce în final conduce la posibilitatea reducerii dimensiunilor exterioare ale bobinei ecranate.

Utilizarea ecranelor magnetice conduce la creșterea inductanței bobinei (cu circa 10%) și la micșorarea corespunzătoare a factorului ei de calitate.

Ecranele se realizează sub formă de cutii cilindrice sau sub formă de cutii paralelipipedice din aluminiu, cupru sau alamă; grosimea peretelui ecranului depinde de materialul ales și de frecvența de funcționare a bobinei. Deoarece aluminiul este mai ieftin decît cuprul, ecranele se realizează de obicei din aluminiu.

Bobine plate

Bobinele plate se realizează cu ajutorul tehnologiei cablajelor imprimate sub formă de spirale plate. Inductanța acestor bobine este relativ mică (0,1...10 μH). Factorul de calitate al unei astfel de bobine este cuprins între 50 și 200, depinzînd de calitatea suportului izolant și de rezistivitatea conductorului.

Șocuri de înaltă frecvență

Sînt bobine de inductanță utilizate pentru creșterea rezistenței electrice în circuitele de înaltă frecvență, permițînd în același timp trecerea curentului continuu sau a curentului alternativ de joasă frecvență.

Sînt utilizate în special în echipamente de emisie radio și televiziune, pentru alimentarea etajelor de amplificare, respectiv corectarea caracteristicilor amplitudine-frecvență ale amplificatoarelor video.

5. CALCULUL BOBINELOR

I. Calculul bobinelor fără miez magnetic

Prezentăm mai jos relațiile uzuale cu care se determină valorile inductanțelor.

a) Inductanța bobinelor fără miez magnetic:

$$L = 0{,}46l \cdot \lg\left(\frac{2h}{r}\right) [\mu H],$$

unde: l [m] și r [mm] — dimensiunile conductorului;
b[mm] distanța dintre conductor și pămînt.

b) Inductanța pe o lungime l[m] a unui circuit format din două conductoare paralele, cu secțiune rotundă:

$$L = 0{,}92\, l \cdot \lg\left(\frac{d}{r}\right) [\mu H],$$

unde: d [mm] distanța dintre două conductoare;
r[mm] raza conductorului.

c) Inductanța bobinelor cilindrice cu un singur strat de spire bobinate una lîngă alta (fig. I. 10):

$$L = kn^2D \ [\mu H],$$

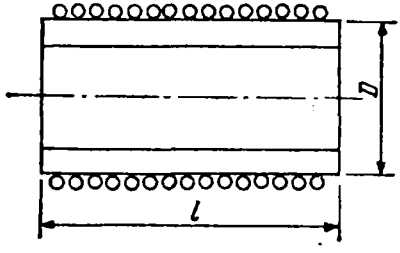


Fig. I.10. Bobină cilindrică cu un singur strat de spire alăturate.

unde: k—factor de corecție care depinde de raportul $\frac{s}{e}$ și se găsește indicat în tabele;
D [mm] — diametrul exterior al carcasei;
n — numărul total de spire.

d) Inductanța bobinelor cu mai multe straturi de spire suprapuse (fig. I.11):

$$L = 10^3F \cdot n^2D_{med} \ [\mu H]$$

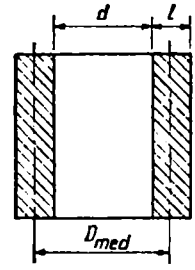


Fig. I.11. Bobină cu mai multe straturi de spire suprapuse.

unde: F — coeficient care depinde de forma carcasei,

$$F = f\left(\frac{l}{D_{med}};\ \frac{t}{D}\right)$$

și rezultă din diagrame;
l, t, D_{med} [mm] — dimensiunile bobinei;
n — numărul total de spire.

II. *Calculul bobinelor cu miez magnetic*

Numărul de spire al bobinelor cu miez se calculează cu relația:

$$m = k\sqrt{L}$$

unde: k este o constantă catalogată de fabricile constructoare (uzual $k = 5, 6, 9$ pentru bobinele cu miez deschis).

6. REGLAJUL BOBINELOR

Reglajul bobinelor fără miez

Acest reglaj se poate realiza în limite restrînse pentru a ajusta valoarea inductanței prin:

— modificarea poziției unui inel de cupru în scurtcircuit situat în interiorul carcasei sau prin apropierea și îndepărtarea unui disc masiv de cupru;

— modificarea poziției unui galet mobil de-a lungul carcasei.

Reglajul în limite largi se practică atunci cînd este necesară prezența unor inductanțe variabile. Acestea se pot realiza fie cu prize intermediare scoase din înfășurarea bobinei, fie din două bobine înseriate.

Reglajul bobinelor cu miez

Se realizează prin mărirea sau micșorarea reluctanței circuitului magnetic, ceea ce practic se obține prin:

— deplasarea axială (prin înșurubarea în bobină) a miezurilor magnetice cilindrice;

— apropierea sau îndepărtarea unei șaibe magnetice față de miezul principal al bobinei.

Limitele de variație a inductanțelor prin reglajul miezului depind de valoarea inductanței și de forma și dimensiunile miezului, în special de raportul dintre lungimea și diametrul d al acestuia. De exemplu, pentru miezuri cilindrice drepte, variația maximă poate atinge 90% din I_{max} *(M.S.)*.

CAPITOLUL II

DESPRE DIODE ȘI TRANZISTOARE

1. DIODELE ȘI APLICAȚIILE LOR

Dioda reprezintă un dispozitiv semiconductor format dintr-o joncțiune *PN*, introdusă într-o capsulă de metal, sticlă sau material plastic, cu două terminale denumite *anod* și *catod* prin care aceasta se conectează în circuitul electric. Joncțiunea *PN* reprezintă suprafața de separație dintre două regiuni semiconductoare, una de tip *P* și cealaltă de tip *N*, realizate într-un singur cristal semiconductor. În timpul polarizării directe (anod pozitiv, catod negativ) dioda prezintă, practic, o rezistență mică și permite trecerea curentului electric. În momentul polarizării inverse (anod negativ și catod pozitiv) dioda, datorită proprietăților intrinseci prezintă, în mod practic, o rezistență foarte mare, blocînd aproape complet trecerea curentului electric.

Caracteristica de funcționare a unei diode este prezentată în fig. II.1. Se observă că în cazul polarizării directe, în momentul depășirii tensiunii de prag U_p, dioda permite apariția curentului în circuitul electric.

Acest curent crește după o lege de variație exponențială, o dată cu creșterea liniară a tensiunii. În cazul polarizării inverse, dioda este practic blocată, curentul invers fiind de un ordin de mărime de circa 10^{-6} față

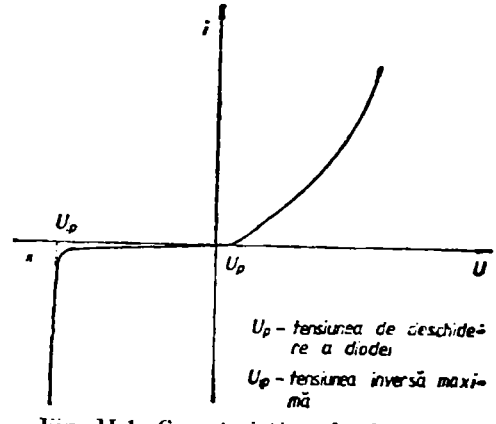


Fig. II.1. Caracteristica de funcționare a unei diode de uz general.

de curentul direct. La un moment dat, în cazul creșterii tensiunii inverse peste un anumit prag U_{ip}, dioda se „străpunge", curentul invers crește foarte rapid și de cele mai multe ori distruge dioda. Există o varietate foarte largă de tipuri de diode, funcție de scopul urmărit în cadrul aplicativ al schemelor electronice.

Cele mai des întîlnite tipuri de diode sînt următoarele:

— dioda redresoare;
— dioda cu contact punctiform;
— dioda tunel;
— dioda varicap;
— dioda Zener

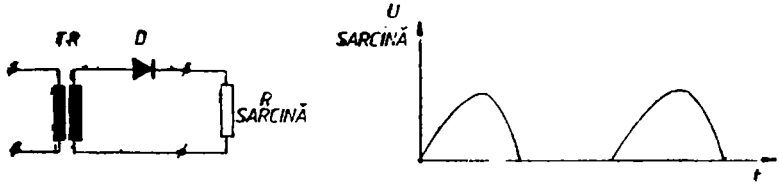


Fig. II.2. Redresorul monoalternanţă.

Dioda redresoare utilizează proprietatea de conducţie unilaterală a joncţiunii *P-N*, deci admite trecerea unui curent mare la polarizarea directă şi trecerea unui curent neglijabil la polarizarea inversă. Ca ordine de mărime ale rezistenţei echivalente din cele două situaţii, la polarizarea directă R_{ED} = = zecimi de ohm ... zeci de ohm, iar în timpul polarizării inverse R_{EI} = = zeci de kΩ ... sute de MΩ. În funcţie de materialul semiconductor folosit, diodele redresoare pot fi cu siliciu sau germaniu. În general sînt valabile următoarele diferenţe între cele două tipuri:

tensiunea de deschidere
dioda cu germaniu dioda cu siliciu
$U_0 = 0{,}1 \ldots 0{,}2$ V $U_0 = 0{,}6 \ldots 0{,}75$ V
tensiunea de străpungere

$$U_{p\ \text{germaniu}} < U_{p\ \text{siliciu}}$$

curentul invers
(la polarizarea inversă)

$$I_{i\ \text{germaniu}} > I_{i\ \text{siliciu}}$$

panta caracteristicii
$i = f(U)$ în conducţie

$$p_{\text{germaniu}} < p_{\text{siliciu}}$$

Deoarece în timpul trecerii curentului dioda prezintă o rezistenţă, deci se degajă căldură, este necesar ca diodele redresoare să fie folosite, potrivit caracteristicilor constructive, fără depăşirea curentului maxim admisibil de lucru, indicat în catalog. De asemenea, nu se admite depăşirea tensiunii inversă maximă a tensiunii alternative ce urmează a fi redresată. Pentru curenţi mari, în scopul disipaţiei de căldură se folosesc radiatoare dimensionate corespunzător.

În figurile următoare sînt prezentate schemele de redresare cele mai des folosite. Figura II.2. prezintă schema redresorului monoalternanţă şi forma de undă a tensiunii redresate. Acest tip de redresor are performanţe scăzute şi nu se foloseşte decît în cazurile în care curentul de lucru debitat de redresor este mic.

Figura II.3. prezintă schema de redresare dublă alternanţă, cu un bun randament. Datorită acestui lucru este

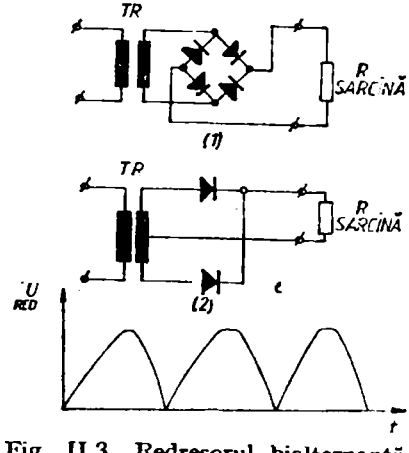


Fig. II.3. Redresorul bialternanţă.

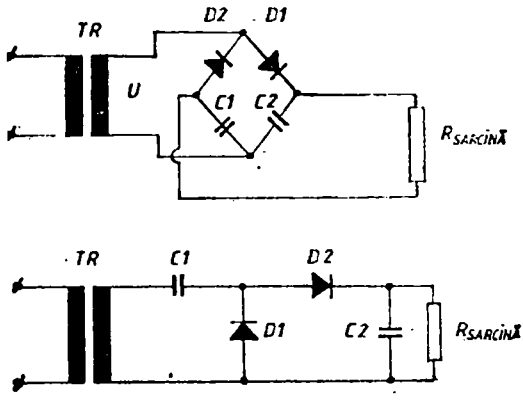


Fig. II.4. Schema electrică a redresorului cu dublare de tensiune.

cel mai frecvent întîlnită. Apar două variante de lucru, și anume redresorul bialternanță punte (1) și redresorul bialternanță cu priză mediană (2). Forma tensiunii redresate este aceeași în ambele variante.

În figura II.4. este prezentată schema electrică a redresorului cu dublare de tensiune, variantele (1) și (2). În varianta (1), condensatoarele se încarcă pe rînd, datorită diodelor D_1 și D_2 la tensiunile U și $-U$ (față de punctul comun C_1C_2). Cele două condensatoare fiind înseriate, la bornele rezistenței $R_{SARCINA}$ apare o valoare a tensiunii $2U$. La varianta (2), condensatorul C_1 se încarcă prin dioda D_1 în prima semialternanță a tensiunii alternative, la valoarea U, iar în timpul semialternanței următoare tensiunea de la bornele condensatorului C_1 împreună cu tensiunea de la înfășurarea transformatorului încarcă condensatorul C_2 la valoarea $2U$. Condensatorul C_2 deci prezintă pe rezistența de sarcină o tensiune dublă de valoare $2U$.

Prin conectarea în cascadă a N circuite de acest fel se poate obține o multiplicare a tensiunii de $2N$ ori, față de tensiunea alternativă inițială.

Dioda cu contact punctiform este special realizată pentru un curent mic de funcționare și în același timp prezintă o capacitate internă foarte mică. Datorită acestui lucru se folosește în circuitele de detecție, comutație și multiplicare a unor curenți mici și care pot avea o frecvență înaltă.

Dioda tunel are o caracteristică de funcționare specială, prezentată în figura II.5. Se remarcă porțiunea cu așa-zisa „rezistență negativă" AB, caracterizată prin faptul că la creșterea tensiunii curentul prin diodă scade. Acest tip de diodă se folosește la compensarea rezistențelor de pierderi în circuitele oscilante, la oscilatoare și circuite basculante.

Dioda varicap reprezintă tipul de semiconductor la care este folosită proprietatea prezenței unei capacități în momentul polarizării inverse. Această capacitate este dependentă de valoarea tensiunii aplicate. În acest fel, funcție de o tensiune variabilă, se poate realiza o capacitate de valoare

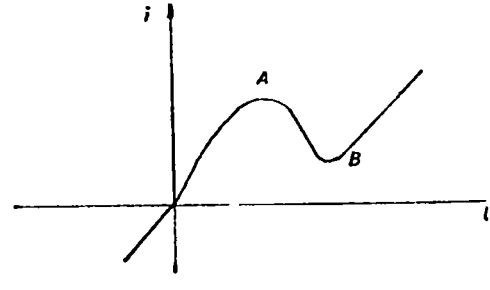


Fig. II.5. Caracteristica de funcționare a diodei tunel.

variabilă. Dioda varicap este cel mai des utilizată în circuitele oscilante cu acord variabil (fig. II.6). Un alt domeniu de lucru al acestui tip de diodă îl întîlnim în cadrul circuitelor de stabilizare, multiplicare şi schimbare a frecvenţei. La tensiuni mici de comandă capacitatea diodei varicap

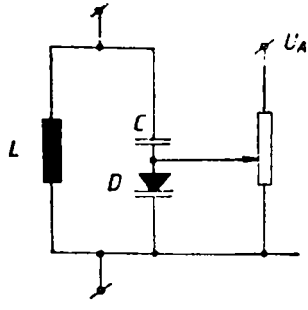
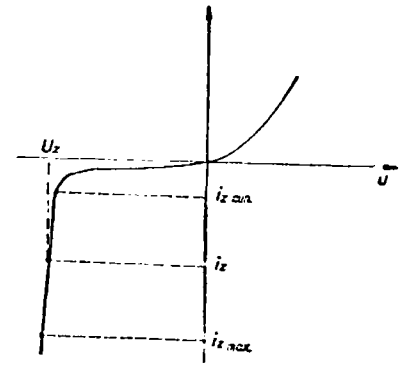


Fig. II.6. Circuit oscilant cu diodă varicap; U_A — tensiunea continuă, D — dioda varicap, $f = 1/2\pi \sqrt{L(C/\!/C_D)}$.

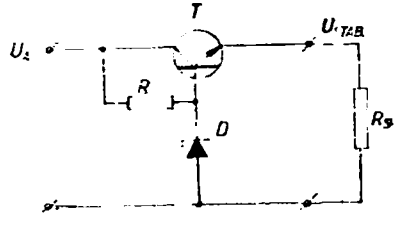
este mare, iar pe măsură ce tensiunea creşte, valoarea capacităţii scade. În acest fel, funcţie de tensiunea de comandă se poate obţine o variaţie a capacităţii după un algoritm stabilit, potrivit scopului urmărit. Capacitatea echivalentă a circuitului oscilant din figura II.6 este formată din cea fixă a condensatorului C, în serie cu capacitatea reglabilă a diodei varicap.

Dioda Zener utilizează proprietatea joncţiunii P-N de a avea, în regim de polarizare inversă, atunci cînd intră în zona de străpungere, o tensiune constantă la borne, indiferent de valoarea curentului dintr-o anumită plajă de valori. Acest tip de diodă mai poartă numele şi de *diodă stabilizatoare de tensiune*. Caracteristica de funcţionare pentru o diodă Zener este prezentată în figura II.7. Pentru o funcţionare optimă, curentul de lucru al diodei Zener se va calcula (şi realiza în montaje) astfel încît să prezinte valoarea i_z, dată şi în catalogul de diode. În acest fel, la variaţiile curentului în limitele destul de largi $i_{z\min}$... ...$i_{z\max}$, tensiunea U_z se va menţine practic constantă. În figura II.8 este prezentată o schemă simplă de stabilizator de tensiune cu dioda Zener.



U_z – tensiunea de lucru stabilizată.
$i_{z\,min}$ – curentul minim pentru tensiunea stabilizată.
i_z – curentul optim pentru tensiunea stabilizată.
$i_{z\,max}$ – curentul maxim pentru tensiunea stabilizată.

Fig. II.7. Caracteristica de funcţionare a diodei Zener.



U_s – tensiune continuă de alimentare
$U_{T,S}$ tensiunea stabilizata
R_S – rezistenta de sarcină

Fig. II.8. Cel mai simplu stabilizator de tensiune.

Se observă că, aplicînd legea lui Kirchhoff obținem:

$$U_z = U_{BE} + U_{SARCINĂ}$$

Deoarece U_z = const., indiferent de variațiile lui i_z prin rezistența R, iar U_{BE} (tensiunea bază-emitor a tranzistorului T) este practic constantă într-o plajă mare de valori, conform relației anterioare rezultă:

$U_{SARCINĂ} = U_z - U_{BE}$ = constant.

Pentru diodele Zener de putere se folosesc în mod obligatoriu radiatoare dimensionate corespunzător, în scopul prevenirii ambalării termice. Pentru orice diodă Zener se recomandă ca terminalele de contact diodă-cablaj să aibă minim 10 mm (fapt specificat și de cataloage). *(E.M.)*

2. VERIFICATOR PENTRU DIODE

În schema din figura II.9 este prezentat un dispozitiv care permite verificarea automată și rapidă a diodelor printr-o singură operație. Rapiditatea este asigurată de faptul că măsurătoarea se face în curent alternativ, la frecvența rețelei (50 Hz). La o alternanță se indică dacă dioda în conducție directă este întreruptă, iar cealaltă alternanță permite sesizarea unui curent invers prea mare sau scurtcircuit datorită clacării joncțiunii.

Defecțiunile sînt indicate vizual prin aprinderea unor diode luminescente (LED). Introducerea inversată accidentală a diodei de verificat în dispozitiv nu are caracter destructiv. Dioda nu se strică, însă se aprind amîndouă LED-urile.

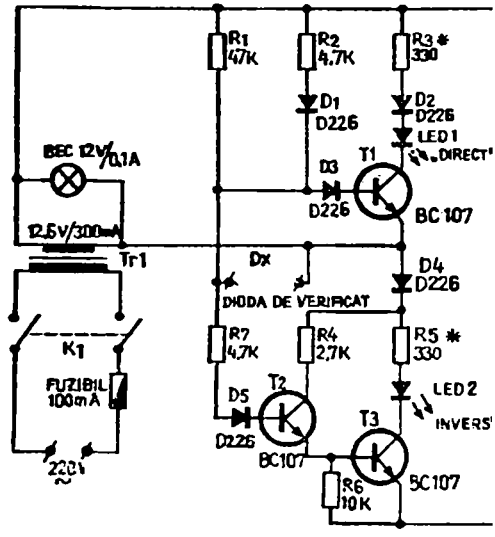


Fig. II.9. Verificator pentru diode.

Cînd o diodă bună este introdusă corect, nici una din diodele luminescente nu se aprinde.

Dacă aparatul de verificat este pus în funcțiune neavînd diodă de verificat în suport, se aprinde indicația „DIRECT".

Această avertizare intră în funcțiune dacă rezistența între bornele de conectare a diodei D_x are o valoare peste o anumită limită sau este infinită.

Analizînd schema de principiu, se constată că alimentarea montajului în curent alternativ este una din particularitățile verificatorului.

Tranzistoarele sînt alimentate numai în timpul unei monoalternanțe. Astfel tranzistorul T_1 și piesele aferente (D_1, D_2, D_3, R_2, R_3 și LED_1) funcționează cînd emitorul lui T_1 este alimentat cu polaritate negativă, iar capătul opus al înfășurării secundarului este pozitiv. În această situație dioda de verificat șuntează baza lui

T_1 la emitor, iar LED_1 nu se aprinde. Dacă D_x în conducţie directă are o rezistenţă prea mare, se polarizează baza lui T_1, care intră în conducţie, iar LED_1 se aprinde.

Totodată, datorită polarităţilor existente la această monoalternanţă, tranzistoarele T_2—T_3 nu sînt alimentate, din cauza diodei D_4.

La schimbarea alternanţei, polarităţile se inversează, se alimentează T_2 şi T_3, care intră în conducţie în cazul în care rezistenţa inversă a diodei D_x este prea mică; se polarizează baza lui T_2 prin R_7 şi D_5, respectiv prin T_2, care conduce. Se polarizează şi T_3 în conducţie, iar LED_2 se aprinde.

Cu piesele indicate şi tensiunea recomandată, tensiunea inversă de vîrf este de aproximativ 18 V, iar curentul maxim în conducţie este mai mic de 4 mA. Dacă se aprinde LED_1 („DIRECT"), căderea de tensiune în conducţie directă pe D_x este mai mare de 1,3 V la 3 mA, iar aprinderea lui LED_2 („INVERS") indică un curent invers de aproximativ 0,05 mA la 16 V sau mai mult.

De remarcat că rezistenţa inversă a diodei D_x formează cu R_1 un divizor de tensiune care polarizează (prin R_7—D_5) baza lui T_2. Dacă această tensiune depăşeşte 2 V, tranzistorul T_2 intră în conducţie. *(I.M.)*

3. TRANZISTOARELE ŞI APLICAŢIILE LOR

Tranzistorul reprezintă un dispozitiv electronic primar, format dintr-un aranjament de materiale semiconductoare astfel ales şi realizat încît să îndeplinească, printr-un amplasament adecvat de curenţi şi tensiuni, diferite funcţii în cadrul unui montaj electronic.

Deşi există o diversitate foarte mare de tipuri, funcţie de modalitatea de lucru şi scopul urmărit în cadrul unei scheme electronice, tranzistoarele se pot împărţi în două mari categorii, şi anume tranzistoare bipolare şi tranzistoare unipolare (cu efect de cîmp).

Un tranzistor bipolar este alcătuit din materiale semiconductoare de tip *P* şi *N*. Un material semiconductor de tip *N* reprezintă practic un „acceptor" de sarcini electrice negative, iar un material semiconductor de tip *P* reprezintă un „acceptor" de sarcini electrice pozitive. Aceste caracteristici ale semiconductoarelor de tip *P* şi *N* au fost obţinute printr-un tratament chimic de impurificare controlată (dopare) a unui element semiconductor cu un înalt grad de puritate chimică (Si, Ge, GaAs). Zona de tranziţie dintre două materiale semiconductoare se numeşte joncţiune. Modul de comportare al unei joncţiuni *PN* în momentul polarizării de către o sursă de tensiune rezultă din însăşi structura sa. În momentul polarizării directe (plusul la *P* şi minusul la *N*) joncţiunea „acceptă" trecerea sarcinilor electrice (deci un curent electric), practic prezentînd o rezistenţă mică la trecerea curentului electric.

Dacă se realizează polarizarea inversă (plusul la *N* şi minusul la *P*) joncţiunea nu acceptă trecerea cu uşurinţă a sarcinilor electrice, deci practic nu circulă curentul electric (decît în con-

diții speciale de polarizare), deoarece în acest caz joncțiunea prezintă o rezistență electrică mare.

Structura și funcționarea tehnică a tranzistorului bipolar se bazează pe existența în componența sa a materialelor semiconductoare de tip *P* și *N*, și totodată pe modul de comportare a joncțiunilor *PN* în timpul polarizării.

Tranzistorul bipolar reprezintă o grupare intimă de materiale semiconductoare, de tip *PNP* sau *NPN*.

Cele trei terminale atașate celor trei regiuni ale tranzistorului poartă denumirea de colector, bază și emitor. Baza este realizată dintr-un strat subțire de semiconductor, de structură diferită, ca polaritate, față de colector și emitor, care au aceeași structură (*P* sau *N*).

După cum se observă în figura II.10, orice tranzistor are două joncțiuni, și anume joncțiunea colector-bază și joncțiunea bază-emitor. În condiții de funcționare normală, totdeauna joncțiunea bază-emitor se polarizează direct, iar joncțiunea colector-bază se polarizează invers.

Analizînd modul de funcționare al tranzistorului, se observă că în momentul polarizării directe a joncțiunii bază-emitor, aceasta prezintă o rezistență echivalentă mică, deci permite trecerea unui curent bază-emitor.

În același moment, purtătorii de sarcină electrică, care au potențialul emitorului, ajung în regiunea joncțiunii bază-colector. Dacă între emitor și colector există o diferență mare de potențial electric, în circuitul emitor-colector apare un curent electric de valoare mare.

Curentul bază-emitor se datorează deci unei polarizări directe, iar curentul colector-emitor unei polarizări inverse suplinite de faptul că între colector și emitor există o diferență de potențial mare. Practic, curentul bază-emitor reprezintă 2...4 % din curentul colector-emitor. Se observă că, de fapt, potențialul electric din joncțiunea bază-emitor s-a transferat, datorită polarizării directe a acesteia, în zona joncțiunii bază-colector, generînd între colector și emitor un curent de valoare mare. Astfel este posibilă comanda curentului colector-emitor de către curentul bază-emitor. Apare așa-numitul efect de „transfer de rezistență" mică a joncțiunii bază-emitor în regiunea colector-emitor. De aici vine și denumirea tranzistorului (*TRANSfer-resISTOR*)

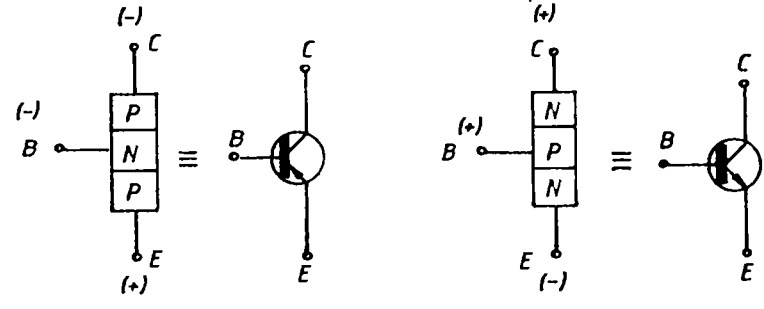


Fig. II.10. Tranzistorul bipolar — simbolul și polarizarea joncțiunilor.

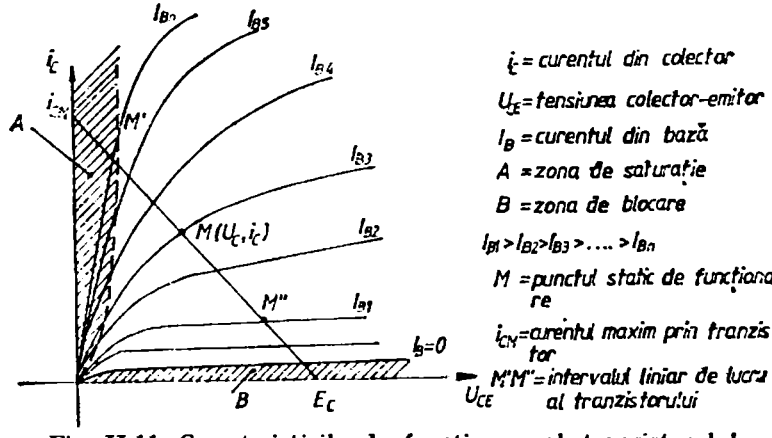


Fig. II.11. Caracteristicile de funcționare ale tranzistorului.

Atunci cînd baza are un potențial electric apropiat (sau similar) cu al emitorului, rezistența echivalentă a joncțiunii bază-emitor este mare, sarcinile electrice care au potențialul emitorului nu mai ajung cu ușurință în regiunea joncțiunii colector-bază, deci curentul colector-emitor este mic (sau nul). Imediat apare o „rezistență echivalentă mare" care blochează curentul de colector-emitor.

Avantajul sistemului este următorul: cu un curent mic bază-emitor se poate „controla" riguros un curent mare colector-emitor. Ecuațiile care descriu funcționarea (tehnică) a oricărui tranzistor sînt următoarele:

$$I_E = I_C + I_B$$
$$I_C = \beta I_E \qquad (1)$$

unde:

I_E = curentul din emitor
I_C = curentul din colector
I_B = curentul din bază
β = factorul de amplificare în curent al tranzistorului.

Funcționarea celor două tipuri de tranzistoare bipolare *(PNP* sau *NPN)* este similară, diferă doar tipul polarizărilor, particular fiecărei structuri (prezentat în figura II.10).

Ecuațiile reale care descriu funcționarea exactă a tranzistorului în regim static (ecuațiile Ebers-Moll) sînt mai complexe, dar constructorul amator poate aproxima cu lipsa de precizie de 1...2% funcționarea tehnică a oricărui tranzistor utilizînd relațiile (1).

Caracteristicile reale de funcționare în regim static ale tranzistorului sînt prezentate în figura II.11. Ele exprimă relațiile de legătură dintre curenții prin tranzistor și tensiunile aplicate între terminalele sale. Se recomandă utilizarea tranzistorului astfel încît să fie evitate zonele de saturație sau de blocare, unde neliniaritățile caracteristicilor de transfer intrare-ieșire sînt foarte mari și nu se pot compensa (fig. II.12).

Din însăși structura sa internă, tranzistorul se poate considera ca un generator de curent comandat.

Acest lucru permite realizarea unei diversități de scheme electronice, deoa-

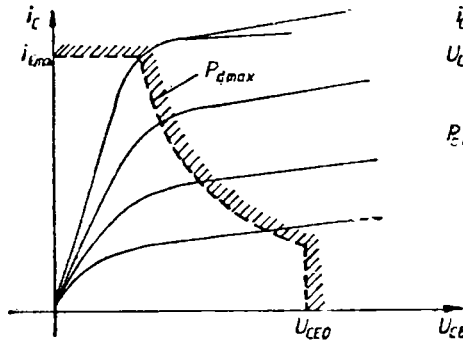


Fig. II.12. Zona admisă de funcționare a unui tranzistor.

rece prin amplasarea în bază, colector sau emitor a unor grupuri de componente electronice pasive (rezistori, condensatoare, bobine) se obțin în final o multitudine de funcții de transfer intrare-ieșire, potrivit scopului urmărit.

Pentru utilizarea eficientă a unui tranzistor este necesar a cunoaște:

— caracteristicile electrice ale tranzistorului;

— tipurile curente de montaje în care se poate folosi;

— modul de polarizare, pentru funcționarea optimă;

Caracteristicile electrice ale tranzistorului reprezintă valori ale unor parametri indicate de fabricant, în scopul utilizării lui potrivit cerințelor. Să nu uităm că, datorită construcției practice, tranzistorul nu reprezintă doar un ansamblu de rezistențe ce se pot „comanda" (așa cum a fost prezentat anterior pentru înțelegerea funcționării lui), ci deține și o serie de capacități care, în funcție de domeniul de lucru, contează în momentul încadrării lui într-un montaj. Datorită acestor considerente, fabricantul precizează într-o foaie de catalog atît parametrii limită de funcționare ai tranzistorului, cît și caracteristicile de funcționare pentru diferite regimuri de lucru, sub formă de diagrame. Cei mai importanți parametri sînt:

$U_{BE\ max}$ = tensiunea maximă bază-emitor

$U_{CE\ max}$ = tensiunea maximă colector-emitor

$I_{C\ max}$ = curentul maxim de colector

$P_{d\ max} = U_{CE} I_C$ = puterea disipată maximă (fig. II.12)

$U_{CE\ sat}$ = tensiunea colector-emitor la saturație, pentru o anumită valoare a curentului colector

f_T = frecvența de tăiere

$h_{21E} = \beta$ = factorul de amplificare în curent

F = factorul de zgomot

$T_{J\ max}$ = temperatura maximă a joncțiunii

$R_{th\,J-C}$ = rezistența termică joncțiune-capsulă.

Tipurile curente de montaje în care tranzistorul se poate folosi rezultă din construcția sa. Deoarece tranzistorul este un dispozitiv cu trei electrozi, el se poate conecta în trei moduri, sau conexiuni (fig. II.13). Acestea sînt

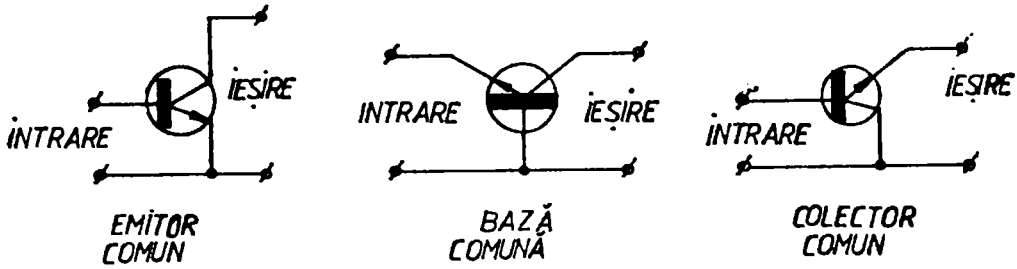


Fig. II.13. Tipuri de conexiuni ale tranzistorului.

conexiunile cu *emitor comun*, cu *bază comună* şi cu *colector comun*.

Caracteristicile principale ale acestor conexiuni se prezintă în tabelul de mai jos.

De aici rezultă următoarele concluzii:

— conexiunea tip emitor comun se foloseşte acolo unde este necesară o amplificare mare de curent, tensiune sau putere;

— conexiunea tip colector comun (repetor pe emitor) se foloseşte acolo unde este necesară o adaptare de impedanţă, oferind o impedanţă mare de intrare şi mică de ieşire;

— conexiunea cu bază comună este optimă acolo unde se lucrează cu frecvenţe mari (radiofrecvenţă).

NOTĂ:

Z_{iE} — impedanţa de intrare a conexiunii *EC*

R_g = rezistenţa internă a generatorului de tensiune a sursei de semnal

Z_{eE} = impedanţa de ieşire a conexiunii *EC*.

Circuitele de polarizare asigură funcţionarea tranzistorului în punctul static de funcţionare impus de caracteristicile regimului dinamic. Punctul static de funcţionare reprezintă punctul din

Tipul conexiunii → / Mărimea ↓	Emitor comun (*EC*)	Bază comună (*BC*)	Colector comun (*CC*)
Impedanţa de intrare Z_i	medie Z_{iE}	mică $Z_{ib} \simeq \frac{Z_{iE}}{\beta}$	mare $Z_{ic} \simeq \beta R_{\text{SARCINĂ}}$
Impedanţa de ieşire Z_e	mare Z_{eE}	foarte mare $Z_{eb} \simeq \beta Z_{eE}$	mică $Z_e \simeq \frac{Z_{iE} + R_g}{\beta}$
Amplificarea în curent	mare	< 1	mare
Amplificarea în tensiune	mare	mare	< 1
Frecvenţa de tăiere	joasă f_T	mare $\beta \cdot f_T$	joasă f_T
Defazaj faţă de semnalul iniţial	180° (inversare)	0° (nu)	0° (nu)

planul unei familii de caracteristici de funcționare ale tranzistorului, ale cărui coordonate sînt tensiunea continuă și curentul continuu (fig. II.11). Alegerea punctului static de funcționare M se face ținînd cont de următoarele:

— dispersia caracteristicilor aceluiași tip de tranzistor;
— optimizarea funcției de transfer intrare-ieșire;
— asigurarea stabilității ținînd cont de variațiile de temperatură, care modifică în mare măsură caracteristicile de funcționare ale tranzistorului (mult la tranzistoarele cu germaniu și mai puțin la cele cu siliciu).

Pentru prezentarea unor scheme de polarizare curent întîlnite s-a ales conexiunea emitor comun, la celelalte tipuri de conexiuni polarizările fiind asemănătoare.

În figura II.14.A este prezentată cea mai simplă schemă de polarizare a unui tranzistor. Rezistența R_B asigură curentul necesar polarizării bazei tranzistorului și implicit asigură valoarea curentului de colector ($I_C = \beta I_B$). Deficiența schemei constă în instabilitatea la variațiile de temperatură care modifică valoarea rezistorului de valoare mare R_B și a tensiunii U_{BE} și, implicit, valoarea tensiunii din colectorul tranzistorului. O oarecare ameliorare a derivei termice este furnizată de către rezistorul R_E care la creșterea curentului I_C mărește valoarea necesară tensiunii de polarizare a bazei $U_{BE} + R_E I_E$, restabilind oarecum situația de echilibru.

Variante de polarizare mult mai eficiente în privința compensării termice sînt prezentate în fig.II.14.B și fig. II.14. C, unde baza este alimentată folosind un divizor de tensiune (R_{B1} și R_{B2}). În fig. II.14 D, baza este polarizată de un divizor de tensiune în care s-a intercalat și un termistor.

La creșterea temperaturii acesta își micșorează rezistența, micșorînd tensiunea de polarizare a bazei și astfel reducînd tendința de creștere a curentului din colector.

În timpul regimului dinamic de funcționare, pentru diverse valori ale curentului $I_B \pm \Delta I_B$ corespund variații ale curentului $I_C + \Delta I_C$. Analizînd fig. II.11 se observă importanța menținerii punctului de funcționare în intervalul $M'M''$, în caz contrar nemaipăstrîndu-se liniaritatea funcției de transfer intrare-ieșire. S-a descris funcționarea montajului tip EC din fig. II.12, dar concluziile sînt valabile pentru toate circuitele, indiferent de modul polarizării sau tipului de conexiune în montaj al tranzistorului.

În fig. II.15 sînt prezentate tipurile de amplificatoare cel mai des întîlnite:

— amplificator de tensiune, montaj EC (A)
— amplificator de curent, montaj CC (B)
— amplificator de tensiune, montaj BC (C).

În vederea îmbunătățirii performanțelor unui circuit care folosește un singur tranzistor, s-au realizat scheme electrice cu doi tranzistori astfel interconectați încît să fie obținute avantaje evidente. Cele mai uzuale tipuri de tranzistoare compuse sînt următoarele:

— montajul Darlington — montaj dublet serie

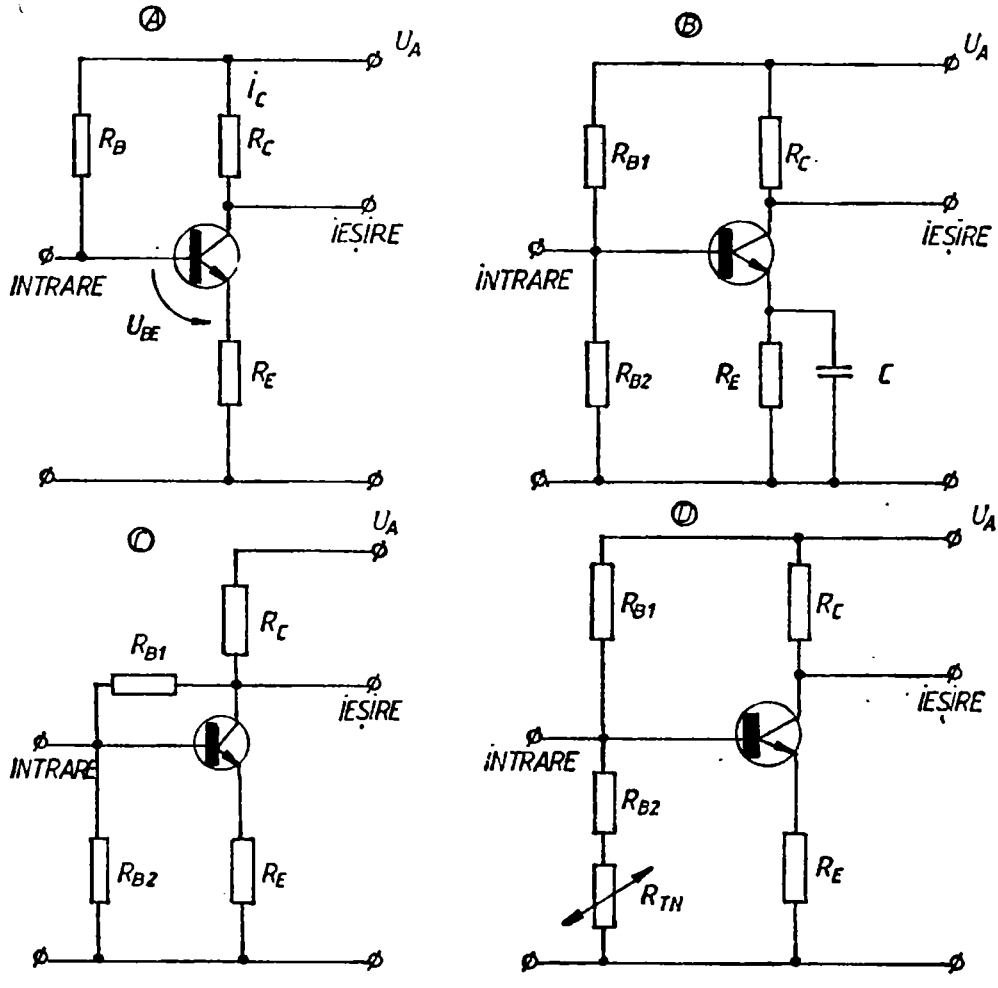


Fig. II.14. Diverse variante pentru circuitul de polarizare al tranzistorului.

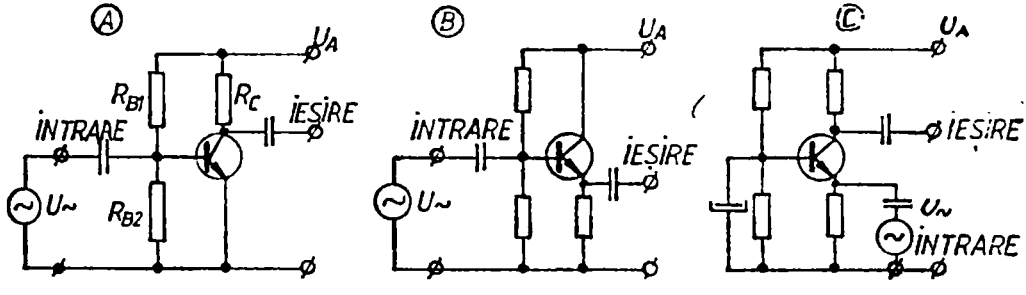


Fig. II.15. Tranzistorul în regim dinamic de funcţionare.

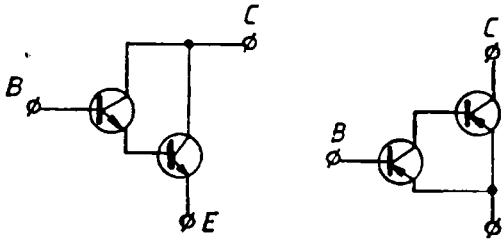


Fig. II.16. Montaje Darlington NPN și PNP.

— montajul super-G — montaj dublet paralel

— montajul super-D

— montajul cascod

În fig. II.16 este prezentat montajul Darlington. El deține următoarele avantaje:

— impedanța de intrare dublă față de cea a unui singur tranzistor;

— factor de amplificare $\beta_D \simeq \beta_1 \cdot \beta_2$

În fig. II.17 este prezentată schema electrică a montajului super-G. Avantajul său esențial îl constitue factorul de amplificare foarte mare echivalent

$$\beta_G \simeq \beta_1 \cdot \beta_2$$

Denumirea lui provine de la faptul că notația pentru conductanța sa mutuală (panta) este G ($g \gg g_1$ și $g \gg g_2$).

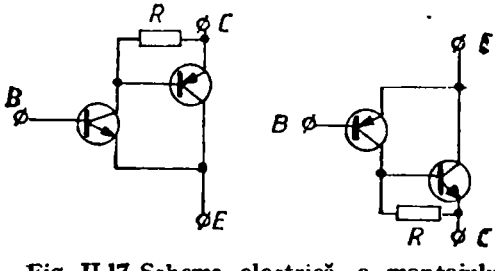


Fig. II.17 Schema electrică a montajului „dublet serie", tip NPN și NPN-PNP.

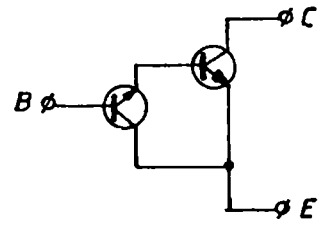


Fig. II.18. Montaj Super-.

În fig. II.18 este prezentată configurația super-D. La acest tip de montaj se obțin:

$$\beta \simeq \beta_1 \cdot \beta_2$$
$$Z_i \simeq Z_1 + \beta_1 Z_2$$

Practic, parametrii finali ai montajului sînt dictați de al doilea tranzistor, fapt esențial în unele aplicații.

În fig. II.19 este prezentată configurația tranzistorului compus tip cascod *(a)* și schema electrică de funcțio-

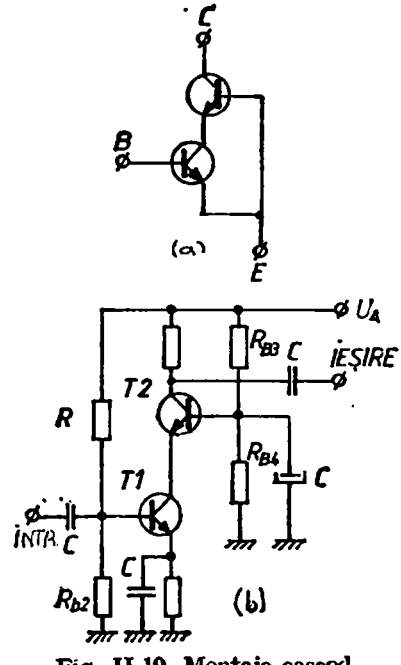


Fig. II.19. Montaje cascod.

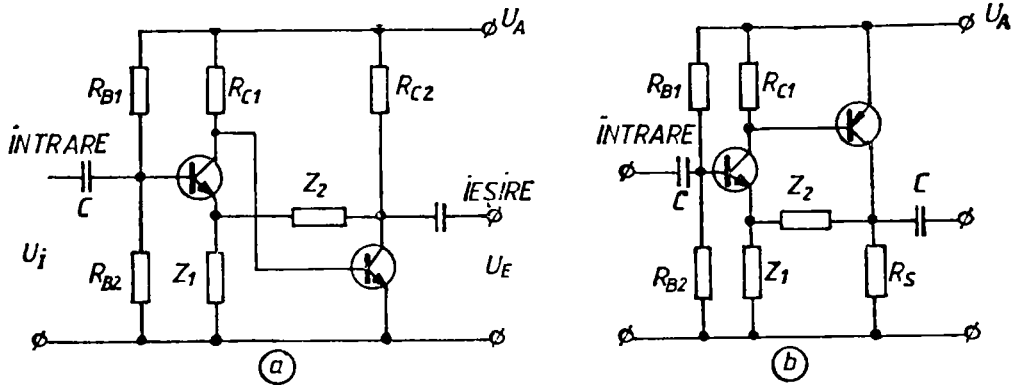


Fig. II.20. Schema electrică a montajului „dublet serie", tip *NPN* şi *NPN-PNP*.

nare *(b)* care se foloseşte în mod frecvent practic. Avantajul esenţial al montajului cascod îl constituie lipsa unei reacţii interne ieşire-intrare, fapt care implică o foarte bună stabilitate în funcţionare. Datorită acestui lucru montajul cascod se foloseşte foarte des în aplicaţiile din domeniul frecvenţelor înalte (etaje de intrare, amplificatoare selective etc.)

În fig. II.20 este prezentată schema electrică a dubletului serie. Acest tip de montaj se foloseşte frecvent în aplicaţiile practice, unde este necesară amplificarea unui semnal mic şi totodată obţinerea unor distorsiuni minime.

Se remarcă posibilitatea obţinerii unei amplificări dependente doar de raportul unor impedanţe:

$$A_u = \frac{Z_2}{Z_1}$$

În felul acesta, prin modificarea impedanţelor Z_1 şi Z_2 se pot obţine o diversitate de funcţii de transfer.

Denumirea schemei provine de la tipul buclei de reacţie negativă aplicată (reacţie serie-paralel).

În fig. II.21 este prezentată schema electrică a dubletului paralel (denumit astfel conform reacţiei negative paralel-paralel).

Amplificarea în tensiune a semnalului de intrare este:

$$A_u = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_{C2}}{Z_{E2} \| Z_2},$$

(notă $\|$ = în paralel)

În ambele cazuri, se recomandă ca tranzistorul T_1 să aibă un factor de amplificare mare ($\beta > 500$), să lucreze cu un curent de colector mic, iar utilizînd o polarizare adecvată, o fracţiune cît mai mare din tensiunea de alimentare U_A să fie repartizată pe rezistenţa R_{C1}.

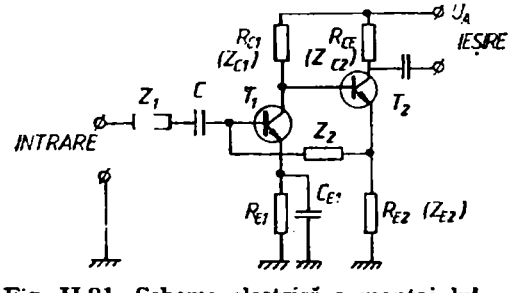


Fig. II.21. Schema electrică a montajului „dublet paralel".

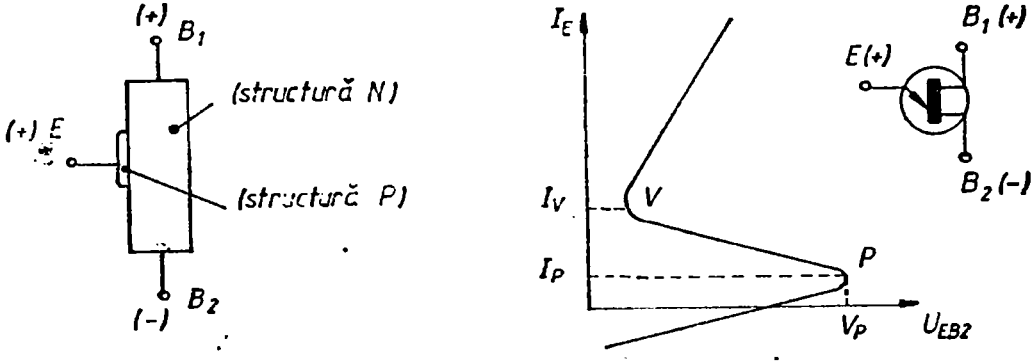


Fig. II.22. Structura fizică și caracteristica de funcționare a tranzistorului unijoncțiune (TUJ).

Una din variantele tranzistoarelor bipolare o constituie *tranzistorul unijoncțiune*. De această dată structura sa fizică prezintă doar o singură joncțiune, dispusă astfel încît să optimizeze funcționarea acestui tip de tranzistor. În momentul polarizării directe EB_2, valoarea rezistenței sale echivalente scade, iar la un moment dat, o dată cu atingerea unui potențial al emitorului de valoare

$$V_p = V_0 + \eta V_{B_1B_2}$$

apare efectul „de tranzistor" și rezistența echivalentă B_1B_2 scade brusc, în același mod ca și la tranzistorul bipolar. Valoarea tensiunii V_p se numește tensiune de amorsare, iar η reprezintă raportul intrinsec de divizare, propriu fiecărui tip de tranzistor unijoncțiune. Structura fizică și caracteristica de funcționare a tranzistorului unijoncțiune sînt prezentate în figura II.22.

Datorită variației cu temperatura a tensiunii V_D, pentru compensarea acestui lucru se leagă în serie cu baza B_2 o rezistență de compensare.

Cea mai frecventă utilizare practică a tranzistorului TUJ este generatorul de impulsuri (fig. II. 23). Funcționarea sa este următoarea: Pe măsură ce condensatorul C se încarcă prin rezistorul R_i cu o tensiune pozitivă, potențialul emitorului E crește, pînă ce se produce amorsarea, rezistența echivalentă B_1B_2 scade brusc și condensatorul se descarcă prin rezistorul R_2 (determinînd la bornele lui un impuls de tensiune). În acest fel potențialul emitorului scade, TUJ-ul se blochează și procesul se reia ciclic cu o perioadă

$$T = RC \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right)$$

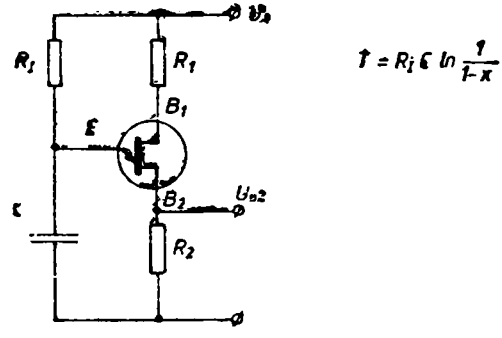
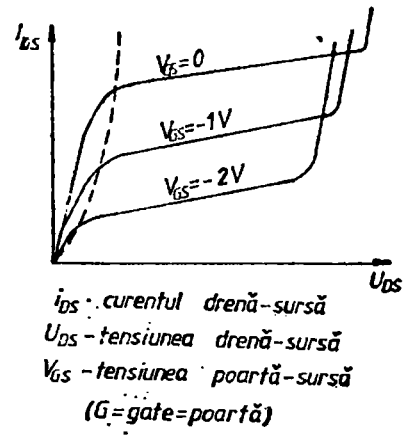


Fig. II.23. Oscilator de relaxare cu tranzistor unijoncțiune.

În locul rezistorului R_2, de multe ori, se dispune înfăşurarea primară a unui transformator, iar înfăşurarea secundară comandă cu impulsuri de tensiune deschiderea unui tiristor, triac etc.

Tranzistoarele cu efect de cîmp (TEC) sau *tranzistoarele unipolare* formează a doua mare categorie de dispozitive semiconductoare. Tranzistorul TEC reprezintă un dispozitiv electronic activ, cu trei terminale, conţinînd următoarele părţi: canalul, sursa, drena, poarta şi suportul (substratul).

Canalul reprezintă o regiune semiconductoare, a cărei conductibilitate se poate controla. Prin *canal* circulă curentul acestui tip de tranzistor. *Drena* (D) reprezintă regiunea semiconductoare spre care se deplasează purtătorii de sarcină, analogul colectorului de la tranzistorul bipolar. *Sursa* (S) este regiunea de la care începe deplasarea purtătorilor de sarcină prin canal, analogul emitorului de la tranzistorul bipolar. *Poarta* (G) este o regiune semiconductoare (sau metalică) folosită pentru controlul curentului prin canal, asemănătoare prin analogie bazei tranzistorului bipolar. *Suportul* (SUB) (sau substratul) este un domeniu pasiv, pe care se construieşte TEC. Modul de funcţionare al TEC se aseamănă cu al tranzistorului bipolar, dar în acest caz controlul curentului sursă-drenă este efectuat prin intermediul cîmpului electric creat de poartă, perpendicular pe direcţia de deplasare a purtătorilor de sarcină electrică din canal. Deoarece curentul absorbit de poartă este foarte mic (comparativ cu cel absorbit de baza



i_{DS} - curentul drenă-sursă
U_{DS} - tensiunea drenă-sursă
V_{GS} - tensiunea poartă-sursă
(G=gate=poartă)

Fig. II.24. Caracteristicile de funcţionare ale unui tranzistor cu efect de cîmp, cu poartă joncţiune (TEC-J).

tranzistorului bipolar) aceste tranzistoare se pot foarte bine considera ca rezistoare controlate prin tensiune. Funcţionarea tranzistorului TEC rezultă din caracteristicile sale electrice, prezentate în fig. II.24. Se precizează că s-au prezentat caracteristicile pentru diferite valori ale tensiunii de polarizare poartă-sursă.

După caracteristicile constructive (şi funcţionale) marca clasă a tranzistoarelor TEC se poate împărţi în următoarele grupe:

1. TEC cu poartă joncţiune, numit TEC-J. La acest tip de tranzistor canalul de conducţie al curentului dintre sursă şi drenă este controlat de către regiunile de sarcină electrică spaţială (de trecere) a celor două joncţiuni adiacente lui, care sînt polarizate invers.

2. TEC cu poartă izolată, la care poarta este separată de semiconductor printr-un strat izolator foarte subţire numit TEC-MOS. Funcţie de modul

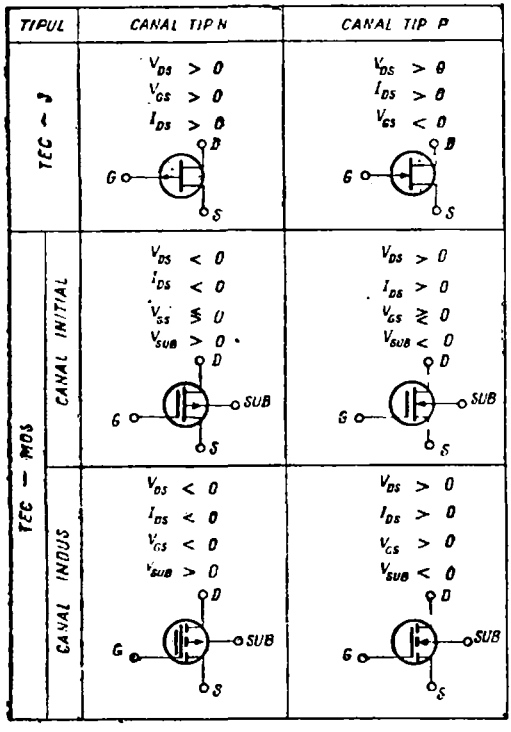


Fig. II.25. Clasificarea tranzistoarelor cu efect de cîmp.

de formare al canalului de conducție a curentului, tranzistoarele TEC-MOS pot fi:

2.1. TEC-MOS cu canal indus (sau cu strat de inversiune, sau îmbogățit)

2.2. TEC-MOS cu canal inițial (sau cu strat sărăcit).

Clasificarea tranzistoarelor TEC în funcție de tipul și polaritatea canalului sînt prezentate în figura II.25, împreună cu modul de notare și polaritatea curenților și a tensiunilor.

În ceea ce privește polarizarea și tipurile de montaje în care pot fi folosite, concluziile stabilite pentru tranzistorul bipolar sînt aceleași și în cazul tranzistoarelor TEC. Desigur că există montaje speciale, și în același timp o serie de precauțiuni suplimentare. O primă precauțiune se cere în ceea ce privește manipularea și polarizarea tranzistoarelor TEC-MOS, deoarece stratul izolator poartă, de semiconductor, fiind foarte subțire, poate fi ușor distrus chiar de o sarcină electrostatică transmisă prin simpla atingere. Din acest motiv, în scopul evitării unor polarizări inverse nedorite, terminalele sînt scurtcircuitate de un colier de metal, care se scoate numai după ce terminalele tranzistorului s-au lipit în cablajul imprimat.

Utilizările cele mai frecvente ale tranzistoarelor TEC se întîlnesc la circuitele electrice unde este necesară o impedanță de intrare foarte mare. O altă utilizare des folosită este intercalarea unui tranzistor TEC într-un circuit în care se cere prezența unei rezistențe variabile, comandate în tensiune. *(E.M.)*

4. TESTER PENTRU TRANZISTOARE

O verificare calitativă a tranzistoarelor de mică putere, *PNP* sau *NPN*, de joasă sau înaltă frecvență, se poate obține cu montajul simplu prezentat în figura II. 26.

Montajul se compune din două părți: o configurație de oscilator în care este introdus tranzistorul supus testării și un detector-redresor.

Dacă tranzistorul supus testării este bun, în circuitul oscilant vor apărea oscilații cu o anumită frecvență, care vor fi redresate de diodele D_1 și D_2

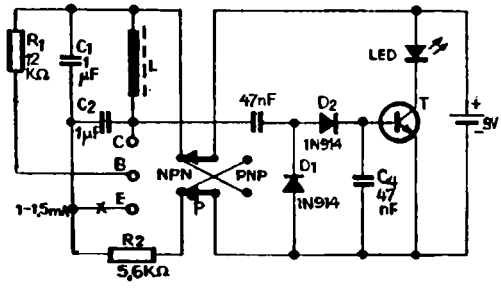


Fig. II.26. Tester pentru tranzistoare.

montate pentru dublarea tensiunii. La încărcarea condensatorului C_4, tranzistorul se deschide şi dioda electroluminescentă va indica situaţia.

Bobina este confecţionată pe o oală de ferită şi are 600—400 de spire CuEm 0,1. Tranzistorul poate fi de orice tip (de exemplu BC107, BC108, BC170, BF214, BF215 etc.). *(I.M.)*

5. ECHIVALENTELE PENTRU DIODE SAU PENTRU TRANZISTOARE

Problema echivalenţei dispozitivelor semiconductoare este de strictă actualitate, deoarece există o mulţime de firme care produc o diversitate de tipuri.

Modul de a găsi un echivalent pentru o componentă electronică este următorul:

— se notează tipul de diodă (tranzistor) folosit în schema electrică şi eventual cîteva caracteristici ale acesteia (preamplificator, redresor etc.):

— se caută în catalogul firmei producătoare datele principale ale semiconductorului şi anume:

1 — tipul *(NPN, PNP*, cu germaniu sau siliciu);
2 — puterea;
3 — tensiuni şi curenţi — valori maximale;
4 — frecvenţa de tăiere;
5 — factorul de amplificare şi de zgomot (pentru tranzistoare);

— se caută în catalogul IPRS o diodă (tranzistor) asemănătoare ca performanţe, totdeauna îndeplinind următoarele:

1 — acelaşi tip *(NPN, PNP*, cu germaniu sau siliciu);
2 — puterea cel puţin egală sau mai mare;
3 — tensiuni şi curenţi — valori cel puţin egale sau superioare;
4 — frecvenţa de tăiere — egală sau superioară;
5 — factorul β şi F — aproximativ egali.

Dacă nu găsim datele de catalog ale semiconductorului realizat de o firmă străină, în funcţie de etajul funcţional în care lucrează acesta, se stabilesc:

— tipul *(NPN, PNP* şi se observă, după tensiune, dacă semiconductorul este cu siliciu sau germaniu);

— curentul şi tensiunea de lucru — valorile maximale care sînt îndeplinite de semiconductorul autohton;

— tipul frecvenţei de lucru al schemei *(RF, AF*, redresare etc.) şi de aici se estimează f_T;

— factura şi modul de lucru — β şi F;

— din catalogul IPRS se caută şi se alege un semiconductor cu performanţele estimate.

6. DISPOZITIVE DE COMUTAȚIE STATICĂ

Dispozitivele de comutație statică fac parte din categoria dispozitivelor semiconductoare cu mai multe joncțiuni, care au la bază structura *PNPN*. Aceste dispozitive multijoncțiune se deosebesc între ele prin numărul, structura și dimensiunile straturilor componente, precum și numărul de terminale exterioare. Cele mai frecvent întîlnite tipuri sînt:

— dioda *PNPN* (dioda Shockley);
— tiristorul;
— tiristorul tetrodă;
— tiristorul bidirecțional — triacul;
— diacul;
— contactorul unilateral cu siliciu;
— contactorul bilateral cu siliciu;
— tranzistorul unijoncțiune programabil.

Dioda PNPN este o structură cu patru regiuni semiconductoare diferite, prevăzută cu două terminale, anord și catod. În polarizarea directă (anodul mai pozitiv decît catodul) caracteristica de funcționare (vezi fig. II.27) are două regiuni de funcționare stabilă: curent mic — tensiune mare (starea de blocare în direct) și curent mare — tensiune mică (starea de conducție). Dispozitivul trece din starea de blocare în starea de conducție atunci cînd tensiunea pozitivă aplicată pe anod depășește o anumită valoare, numită valoare de prag. Depășirea valorii de prag a tensiunii se numește „amorsarea" diodei care intră în conducție. Trecerea din starea de conducție în starea de blocare are loc atunci cînd curentul prin diodă scade sub o anumită valoare; dioda se comportă ca o diodă obișnuită (cu o joncțiune PN). Dioda PNPN se folosește ca diodă de comutație (rapidă) și diodă de impulsuri (pentru generatoare de oscilații).

Tiristorul reprezintă o structură *PNPN* prevăzută cu electrod de comandă, denumit grilă sau poartă. De obicei poarta se conectează la regiunea *P* apropiată de catod (poarta *p*). Există și unele tiristoare cu poarta

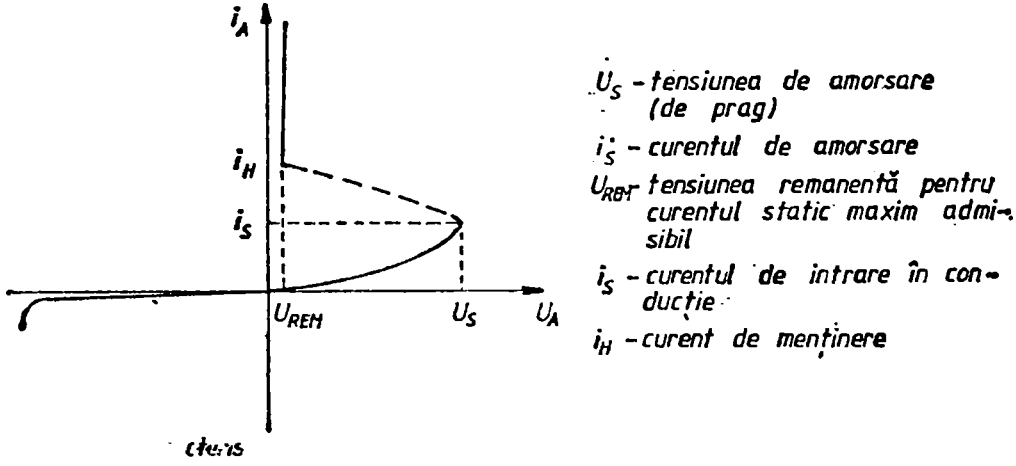
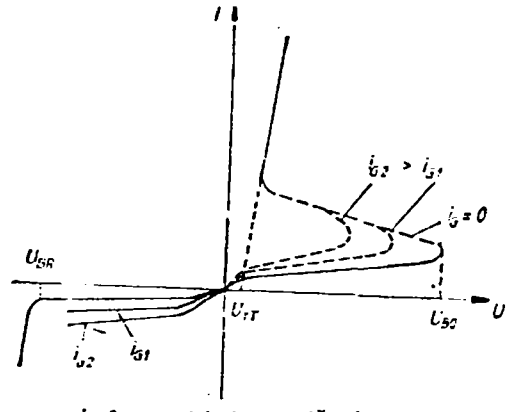


Fig. II.27. Caracteristica de funcționare a diodei PNPN (dioda Shockley).

conectată lîngă regiunea dinspre anod (poarta *n*) denumite tiristoare complementare. Tiristorul se poate „amorsa" în mod practic aplicînd un curent electrodului de comandă, sau depăşindu-se tensiunea de amorsare în direct, fapt care se evită de cele mai multe ori deoarece deteriorează joncţiunile *PNPN*. După „amorsare" poarta îşi pierde proprietăţile de comandă. Rolul electrodului de comandă se recapătă după ce curentul anodic s-a întrerupt datorită anulării tensiunii anodice sau datorită scăderii lui sub valoarea curentului de menţinere (curentul i_H, minim necesar ca tiristorul să rămînă amorsat). Practic, tiristorul reprezintă un contactor static unidirecţional, care se deschide sau nu după cum, polarizat în sens direct fiind, grila de comandă primeşte sau nu curentul necesar „amorsării". La alimentarea tiristorului cu tensiune alternativă, funcţionarea lui este asemănătoare cu aceea a unei diode semiconductoare, cu deosebirea că „deschiderea" poate fi comandată preferenţial, prin aplicarea pe poartă la un moment dat a impulsului de comandă.

Caracteristica de funcţionare a tiristorului este prezentată în fig. II.28 (pentru diverşi curenţi de grilă). Tiristoarele se folosesc în mod frecvent la realizarea redresoarelor comandate sau a convertoarelor statice. Unele tiristoare se pot amorsa cu un flux luminos, dispozitivele de acest fel purtînd numele de *fototiristoare*. (LASCR = Light



$i_G = 0$ – curentul de poartă nul.
i_{G1}, i_{G2} – curenţi de poartă
U_{BO} – tensiunea de întoarcere ($i = 0$)
U_{rT} – tensiunea în sarcină (tiristorul amorsat)
U_{BR} – tensiunea inversă de străpungere

Fig. II.28. Caracteristica de funcţionare a tiristorului.

activated silicon controlled rectifier). Există tiristoare prevăzute cu două grile de comandă în raport cu catodul: una pentru comanda tensiunii pozitive, cealaltă pentru comanda tensiunii negative. Acest dispozitiv reprezintă un *tiristor-tetrodă* (SCS = silicon controlled swich) adică contactor cu siliciu controlat.

Un alt tip de tiristor este *tiristorul bioperaţional* (GTO = gate turn off). Acest tip de tiristor poate fi blocat după amorsare prin aplicarea pe poartă a unei tensiuni de comandă negative.

Triacul este un dispozitiv multijoncţiune (cu 5 sau chiar mai multe joncţiuni), care este echivalent cu două tiristoare montate antiparalel şi prevăzute cu un singur electrod de

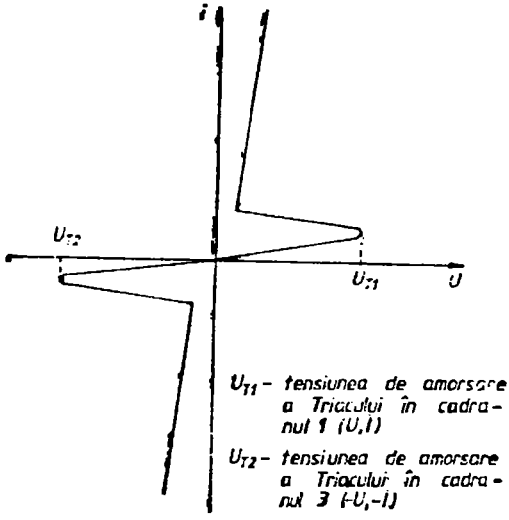


Fig. II.29. Caracteristica de funcționare a triacului în cadranele I și III.

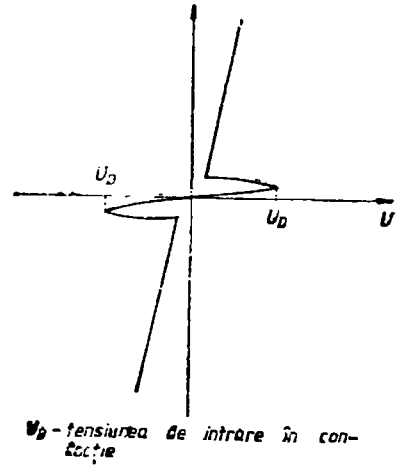


Fig. II.30. Caracteristica de funcționare a diacului.

comandă (*triac* = triode alternating current). Triacul are caracteristica tensiune-curent simetrică, similară cu a unui tiristor polarizat în sens direct, pentru ambele polarități ale tensiunii aplicate între terminalele principale. Triacul este utilizat cel mai frecvent în circuitele de comandă continuă a puterii, în schemele electrice care utilizează alimentarea cu tensiune alternativă. Caracteristica de lucru — figura II.29.

Diacul este un dispozitiv multijoncțiune de mică putere, asemănător cu triacul, dar lipsit de electrod de comandă. Diacul prezintă tensiuni de amorsare reduse, folosindu-se datorită caracteristicii abrupte tensiune-curent la circuitele de comandă ale triacurilor sau tiristoarelor (*diac* = diode alternating current). Curentul nominal de lucru al diacului este de ordinul zecilor de miliamperi, dar el suportă în regim de scurtă durată (pînă la 15...20 μs) curenți de vîrf pînă la 2 A.

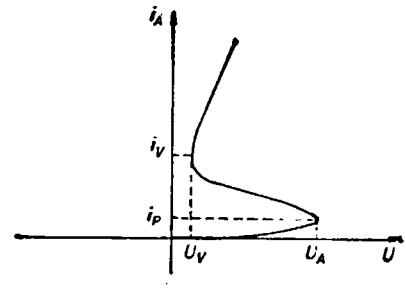
Caracteristica tensiune-curent a diacului este prezentată în figura II.30.

Conctactorul unilateral cu siliciu (SUS = silicon unilateral switch) reprezintă un tiristor de curenți mici cu poartă tip *N*, care înglobează în structura sa o diodă de avalanșă conectată între poartă și catod. Se utilizează în special la comanda tiristoarelor mari.

Contactorul bilateral cu siliciu (SBS = silicon bilateral switch) echivalează cu două contactoare SUS montate în montaj antiparalel. Se utilizează în circuitele de comandă ale triacurilor.

Tranzistorul unijoncțiune programabil (TUJP) este asemănător unui tiristor cu poartă anodică, de mică putere, care are o caracteristică asemănătoare cu aceea a tranzistorului

unijoncţiune. Prezintă avantajul că parametrii caracteristici (curent de vîrf, curent de vale şi raportul intrinsec) se pot programa conform cerinţei schemei de funcţionare, cu ajutorul unor rezistenţe exterioare montate corespunzător. TUJP se deschide foarte rapid (nanosecunde) atunci cînd tensiunea anodului depăşeşte tensiunea grilei de comandă, stabilită convenabil de un divizor rezistiv. Caracteristica de funcţionare a TUJP este prezentată în figura II.31. *(E.M.)*



U_A -tensiunea de amorsare
i_P -curent de amorsare
i_V -curent de deschidere
U_V -tensiunea de deschidere

Fig. II.31. Caracteristica de funcţionare a tranzistorului cu joncţiune programabil.

CAPITOLUL III

CÎTEVA SFATURI PRACTICE

1. ETAPELE DE REALIZARE ALE UNUI MONTAJ ELECTRONIC

Un număr din ce în ce mai mare de tineri s-au aplecat cu multă pasiune asupra electronicii. De aceea, pentru a veni în ajutorul acestora, am considerat de cuviinţă să prezentăm etapele de realizare ale unui montaj electronic.

În foarte multe cărţi de specialitate au fost prezentate aceste etape. Dar în majoritatea cazurilor acestea nu au aplicabilitate pentru un electronist amator datorită mijloacelor modeste de care dispune.

Noi vom încerca să prezentăm aceste etape prin prisma dotării tehnice mai reduse a electroniştilor amatori.

Prima etapă este alegerea schemei montajului electronic respectiv.

Deoarece nu întotdeauna în cărţile şi publicaţiile de specialitate pe care le avem la îndemînă vom găsi schema dorită, ar fi bine ca, în timp, să colecţionăm scheme care la prima vedere sînt interesante. Acestea pot fi strînse într-un dosar sau, mai bine, dacă dispunem de mai mult timp liber pot fi desenate într-un caiet de matematică tip „studenţesc".

În caiet, pe lîngă schemele copiate putem să mai notăm diferite date necesare cum ar fi: calculul unui transformator de reţea, benzile de frecvenţă ale canalelor radio şi tv, codul culorilor, tabele cu diferite constante etc.

La alegerea schemei este bine să ţinem cont de performanţele acesteia şi de piesele disponibile. Numai după ce toate piesele au fost procurate se trece la proiectarea şi realizarea cablajului imprimat.

Înainte de a trece la proiectarea şi realizarea cablajului se va verifica funcţionalitatea schemei. Pentru aceasta avem nevoie de o placă de încercări. Ea poate fi construită de orice amator. O asemenea placă este prezentată în figura III.1.

Dimensiunile plăcii şi distanţa dintre punctele de conexiune variază de la proiectant la proiectant.

Cea de a doua etapă este proiectarea şi realizarea cablajului imprimat.

Proiectarea se face pe hîrtie milimetrică sau pe hîrtie de matematică.

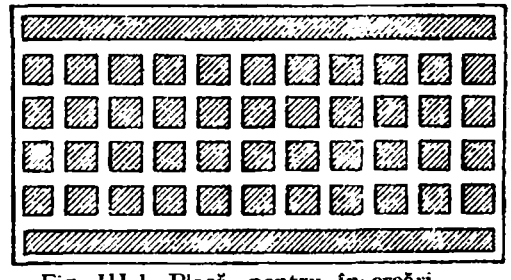


Fig. III.1. Placă pentru încercări.

La proiectare se va ţine cont de gabaritul pieselor şi de poziţia pe care acestea urmează să le ocupe. Desenul va cuprinde toate legăturile dintre piese. Locul pieselor va fi de aşa natură stabilit încît conexiunile dintre acestea să nu se intersecteze. Acolo unde se vor monta piesele se vor desena cerculeţe care, printr-o găurire ulterioară a cablajului, vor deveni puncte de fixare a componentelor. Încă de la proiectare va trebui să ţinem seama de funcţionalitatea unor componente. Astfel, în montaj pot exista rezistoare de wattaj mare care, prin căldura ce o degajă, pot influenţa buna funcţionare a componentelor vecine. Acestea nu se vor monta lîngă tranzistoare, deoarece căldura degajată poate duce la ambalarea termică a tranzistoarelor şi apoi la distrugerea acestora. De asemenea, se va evita montarea lîngă condensatoarele electrolitice, care datorită căldurii se pot usca în timp. În unele montaje sînt necesare ecrane (în special în cele de radiofrecvenţă). De aceea se prevede un spaţiu pentru montarea acestora.

În etajele de putere de audiofrecvenţă, o parte din tranzistoare necesită radiatoare. Radiatoarele de gabarit mai mic se montează prin prinderea cu un şurub de corpul tranzistoarelor. În proiectare se va ţine cont şi de spaţiul ocupat de acestea.

Desenul va include şi puncte de conexiune pentru firele de alimentare, iar unde este cazul şi pentru cele de ieşire.

După ce am realizat desenul vom trece la realizarea propriu-zisă a cablajului imprimat.

Desenul realizat pe hîrtie urmează să fie transpus pe faţa curată a plăcii. Pentru a ne uşura munca de copiere a desenului (sînt cazuri cînd desenul cablajului este destul de complicat) vom puncta cu ajutorul unui punctator locurile unde urmează să fie practicate găurile necesare prinderii pieselor. Pentru aceasta se va suprapune peste faţa cuprată a plăcuţei desenul realizat pe hîrtie. Desenul se va prinde de plăcuţă cu puţină bandă scoci pentru a se evita deplasarea acestuia în timpul operaţiei de punctare. Punctarea se va face cu un punctator bine ascuţit. Înainte de a se trece la trasarea desenului se va face găurirea şi apoi curăţirea feţei placate. Curăţirea se face cu „tix" sau „Alba-menaj". Dacă straturile de oxid sînt mai groase se poate apela şi la hîrtie abrazivă mai fină. Găurirea se va face cu un burghiu cu diametrul de 1 mm.

După ce placa a fost bine curăţată (atenţie, urmele de grăsime ce se depun la contactul cu mîna pot îngreuia trasarea desenului) se trece la trasarea desenului pe placă. Pentru trasare se foloseşte tuş serigrafic sau tuş carmin. Mai poate fi folosită şi vopseaua pe bază de nitrolac — din comerţ.

Trasarea desenului se va face cu un toc cu peniţă, cu rotring sau cu un trăgător. Grosimea traseelor este bine să fie de 1—2 mm pentru a se evita exfolierea la căldura degajată în timpul operaţiei de lipire. După ce desenul astfel executat s-a uscat, urmează corodarea. Într-o tăviţă de prelucrat hîrtie foto punem plăcuţa cu desenul în jos pentru a grăbi procesul de corodare (cuprul corodat va cădea pe fundul

tăvii). Apoi turnăm peste acestea clorură ferică, pînă ce plăcuța este acoperită cu soluție. Corodarea se consideră încheiată cînd cuprul neacoperit cu tuș sau vopsea dispare. Se scoate plăcuța din soluție și se spală sub un jet de apă. După ce placa s-a uscat se trece la înlăturarea tușului sau a vopselei de pe traseele cablajului. Aceasta se face cu un tampon de vată îmbibată cu un dizolvant: benzină, acetonă, tiner, alcool etc. Ultima operație este acoperirea de protecție împotriva oxidării. Se face cu o soluție diluată de colofoniu în alcool, cu lac nitrocelulozic incolor sau pur și simplu cu fixativ pentru păr. Vom trece la montarea pieselor. Ar fi bine ca înainte de lipire, fiecare componentă să fie verificată. Verificarea se face cu un ohmmetru. Cu ajutorul acestuia se pot verifica valorile rezistoarelor, starea condensatorilor electrolitici și joncțiunile tranzistoarelor folosite.

Lipirea se face cu un ciocan de lipit de putere convenabil aleasă. Ea poate varia între 15 W și 35 W în funcție de mărimea suprafeței de lipit. Este de preferat folosirea ciocanelor de lipit de putere mică pentru a se evita deteriorarea pieselor printr-o încălzire excesivă în timpul lipirii.

O problemă mai deosebită o ridică lipirea tranzistoarelor cu efect de cîmp. Datorită impedanțelor mari dintre joncțiuni ele se pot încărca electrostatic și chiar străpunge cînd sînt luate în mînă. Pentru a preîntîmpina acest lucru, piesele acestea se păstrează cu terminalele scurtcircuitate cu o sîrmuliță. Sîrmulița se va scoate numai după ce acestea au fost lipite în montaj. Lipirea se va face cu un ciocan de lipit care are vîrful conectat la masă (pot exista tensiuni datorate unei izolații mai proaste între rezistență și vîrful de lipit).

Pentru a putea efectua lipiri cît mai corecte este necesar ca vîrful ciocanului de lipit să fie curat și cositorit (numai în acest fel transferul de căldură de la vîrf la piesa de lipit este maxim). Acest lucru se va obține cu ajutorul unei hîrtii abrazive cu care se îndepărtează oxidul depus. După curățire se scufundă vîrful ciocanului de lipit încălzit într-un decapant (se poate folosi cu succes sacîzul), după care se cositorește.

Pentru lipirea componentelor electronice se utilizează în mod frecvent fludorul. Acesta conține, pe lîngă aliajul de lipit, și un decapant.

După ce toate piesele au fost montate pe plăcuță se va face o verificare atentă a traseelor cablajului imprimat și a amplasamentului pieselor (din greșeală se pot monta piese diferite ca valoare de cele din schemă). În cazul în care se constată greșeli ale conexiunilor dintre piese se va trece la corectarea acestora. Acolo unde este necesar se va întrerupe conexiunea greșită cu ajutorul unui bisturiu sau un cuțit bine ascuțit. Conexiunea greșită se va reface cu sîrmă de conexiune izolată.

Numai după ce am constatat că piesele de pe cablaj au fost conectate ca în schemă se trece la alimentarea montajului și ulterior la eventualele reglaje. *(M.S.)*

2. TEHNICA LIPIRII COMPONENTELOR ÎN MONTAJELE ELECTRONICE

Prin operația de lipire se înțelege — în sensul lucrării de față — îmbinarea a două sau mai multe repere metalice între ele, la cald, cu ajutorul unui metal de adaos. Părțile metalice ale pieselor îmbinate reprezintă metalele de bază, iar metalul de adaos reprezintă aliajul de lipit. Acesta are temperatura de topire inferioară celei pe care o au metalele de bază ale pieselor îmbinate. Se menționează că îmbinarea părților metalice ale pieselor se poate face prin sudură, dar în acest caz are loc topirea acestora, pe cînd lipirea se face numai prin încălzirea lor și compactizarea mecano-electrică datorată aliajului de lipit.

Se precizează că în zona de lipire este necesar să se realizeze încălzirea la o temperatură care să asigure fluidizarea aliajului de lipit și totodată curgerea acestuia în spațiile libere dintre suprafețele metalelor ce urmează a fi lipite. Concomitent, se încălzesc straturile superficiale ale metalelor de bază. Atomii din rețeaua cristalină a aliajului topit capătă energii mari și intră în contact nemijlocit cu atomii metalului de bază. În acest fel, în interiorul rețelei cristaline au loc schimbări datorită solubilității reciproce dintre aliajul topit și metalul pieselor de bază.

Apare fenomenul de „umezire" a metalelor de bază, de către aliajul de lipit. Tensiunile superficiale de la suprafețele metal solid-aliaj lipire trebuie să fie minime, pentru a obține o „umezire" bună ale pieselor metalice ce urmează a fi lipite. Pentru ca forța de atracție metale de bază-aliaj topit să fie maximă este necesar ca, în procesul de lipire, suprafețele metalelor de bază să fie protejate contra oxidării, care are loc datorită încălzirii. Pentru acest lucru, locul lipirii se acoperă cu un flux decapant, care formează o barieră lichido-gazoasă între metalele de bază și aer. Fluxul decapant mai are rolul de a dizolva straturile peliculare de oxizi, favorizînd „umezirea" metalelor de bază cu aliajul de lipit.

Aliajul de lipit în stare fluidă, ca orice lichid care „umezește", are proprietăți de capilaritate și în acest fel el pătrunde în interstițiile dintre piesele care se lipesc. Atunci cînd suprafețele metalelor de bază prezintă o rugozitate mai mare, acest lucru provoacă fenomenul de capilaritate și astfel „umezirea" este mult favorizată. Cînd rugozitatea pieselor metalice prezintă o serie de caroiaje care se intersectează în multe părți, „umezirea" metalelor de bază se face în condiții optime, fapt care permite în final obținerea unei lipiri de bună calitate.

Se menționează că o rugozitate prea mare nu este de dorit, deoarece în acest caz „umezirea" metalelor de bază va fi limitată.

Lipirea a două sau mai multe piese metalice prezintă următoarele etape:

— încălzirea metalelor de bază pînă la temperatura apropiată celei de topire a aliajului pentru lipit;

— topirea aliajului pentru lipit;

— „umezirea" metalelor de bază cu aliajul de lipit în stare lichidă și încărcarea lor cu acesta;

— dizolvarea suprafeței metalelor de bază „umezite" în zona lipiturii și difuziunea reciprocă a celor două metale (metale de bază-metal aliaj de lipit);

— răcirea și solidificarea aliajului de lipit, care oferă prin solidificare compactizarea mecanică a pieselor metalice.

Pentru realizarea lipiturilor între părțile metalice ale componentelor, fapt întîlnit în mod frecvent la realizarea montajelor electronice, sînt necesare următoarele:

— ciocanul electric de lipit, care reprezintă sursa de energie termică necesară atît încălzirii părților metalice ale pieselor și a aliajului de lipit;

— lacul (fluxul) decapant, care are rolul de facilitare a lipirii. Se recomandă obținerea unei soluții prin dizolvarea în spirt a colofoniului (sacîzului). Se recomandă proporțiile 1 parte colofoniu + 6 părți spirt. Soluția obținută se păstrează într-o sticlă cu dop bun pentru a împiedica evaporarea spirtului.

Se vor evita cu strictețe pastele de lipit acide, care se folosesc la lipirea pieselor metalice din fier, deoarece în 95% din cazuri fluxul acid corodează lipitura în timp și provoacă mari neajunsuri în funcționarea montajului electronic;

— aliajul de lipit, de tip fludor. Acesta reprezintă un amestec de plumb și staniu astfel dozat încît să fie obținută o proporție care să optimizeze rigiditatea mecanică a lipirii și totodată topirea la o temperatură cît mai scăzută de circa 180...220°C. Fludorul prezintă o formă tubulară, și în majoritatea cazurilor el conține în interior un fondant suplimentar care favorizează lipirea;

— șmirghel fin, o pilă fină și o lamă, pentru curățirea obligatorie de bavuri, oxizi sau alte impurități a suprafețelor metalice ce urmează a fi lipite.

Modul de lucru

1. Se curăță de oxizi, bavuri, impurități suprafețele pieselor metalice ce urmează a fi lipite (chiar dacă sînt curate, se „netezesc" cu șmirghel în scopul realizării „caroiajului" care favorizează lipirea).

2. Imediat ce au fost debavurate și șmirgheluite, piesele se pensulează cu o peliculă de flux decapant (colofoniu dizolvat în spirt).

3. Se asamblează mecanic reperele ce urmează a fi lipite. În cazul montării pieselor electronice pe o placă de cablaj imprimat, acestea vor avea terminale care vor depăși cu circa 1—1,5 mm suprafața cablajului imprimat. În cazul lipirii a două sau mai multe conductoare, se recomandă răsucirea lor prealabilă pentru rigidizare inițială mecanică.

4. Se pregătește ciocanul de lipit în vederea efectuării lipirii. Pentru acest lucru se lasă ca vîrful metalic din cupru să se încălzească. Apoi cu pila fină se curăță vîrful de oxizi, bavuri și imediat se aplică un strat de fludor. În acest fel aliajul de lipit va adera imediat la vîrful ciocanului de lipit, producîndu-se „umezirea" acestuia cu el.

5. Se încălzesc piesele metalice ce urmează a fi lipite aplicînd pe acestea vîrful ciocanului de lipit (circa 1/2 secunde) și imediat se aplică în acel loc

şi fludorul, pînă ce se formează picătura de aliaj care va rigidiza piesele.

6. Se îndepărtează de la locul lipirii întîi fludorul, apoi vîrful ciocanului de lipit.

După cîteva zeci de lipiri se va obţine îndemînarea necesară. Menţionăm că primul lucru de care depinde funcţionarea unui montaj electronic este calitatea lipiturilor.

Recomandări

În vederea îndepărtării grăsimilor sau prafului de pe piesele ce urmează a fi lipite, se recomandă spălarea lor cu o vată îmbibată cu tiner sau spirt. Acest lucru se face în special la cablajele imprimate (după şmirgheluire).

Pentru îndepărtarea emailului care protejează firele foarte subţiri din cupru, argint etc. (sau liţa de radiofrecvenţă), se aşază pe o pastilă de aspirină porţiunea ce urmează a fi cositorită. Prin presarea cu vîrful ciocanului de lipit, pelicula de email dispare (A nu se inhala „fumul" care apare în timpul dezizolării, deoarece este nociv). *(E.M.)*

3. REALIZAREA CIRCUITULUI DE MASĂ

În schemele electrice „masa" este porţiunea de circuit care are potenţialul nul. Din acest motiv, de regulă, faţă de masă se aplică toate semnalele şi se măsoară tensiunile.

Ideal ar fi ca rezistenţa electrică a conductorilor care realizează circuitul de masă să fie egală cu zero. În acest caz, indiferent de intensitatea curenţilor care circulă între diferitele puncte ale circuitului de masă, acestea sînt la acelaşi potenţial.

Practic rezistenţa circuitului de masă este finită, deci între diferitele puncte există diferenţe de potenţial. Dacă, de pildă, între două puncte de masă cu rezistenţa de 0,01 ohmi circulă un curent de 100 mA, între cele două puncte va fi o tensiune de 1 mV. Aceste tensiuni se pot compune cu semnalele utile şi amplificate o dată cu ele. Astfel vor perturba funcţionarea corectă a montajelor. Apariţia oscilaţiilor, a zgomotului, a distorsiunilor etc. sînt numai cîteva dintre efectele nedorite ale tensiunilor parazitare, ce pot apare în circuitul de masă.

De multe ori citim sau auzim expresii ca: „alegerea corectă a punctelor de masă" sau „evitarea buclelor de masă" sau „o conectare corespunzătoare a treselor metalice" etc. Toate acestea sînt direct legate de problema circuitului de masă, în sensul că realizarea judicioasă a circuitului de masă conduce la evitarea sau diminuarea perturbaţiilor ce pot apărea datorită circulaţiei curenţilor prin acestea. Vom da cîteva exemple în care vom prezenta varianta greşită şi varianta corectă de realizare a circuitului de masă.

În figura III.2 a este prezentat un etaj de amplificare inversor. În montajul „greşit" curentul de sarcină I trece prin rezistenţele circuitului de masă R_{23} între punctele *2* şi *3* şi respectiv R_{12}, între punctele de masă *1* şi *2*. Se constată că la intrarea (+) neinversoare se aplică, de la ieşire, un semnal perturbator care produce

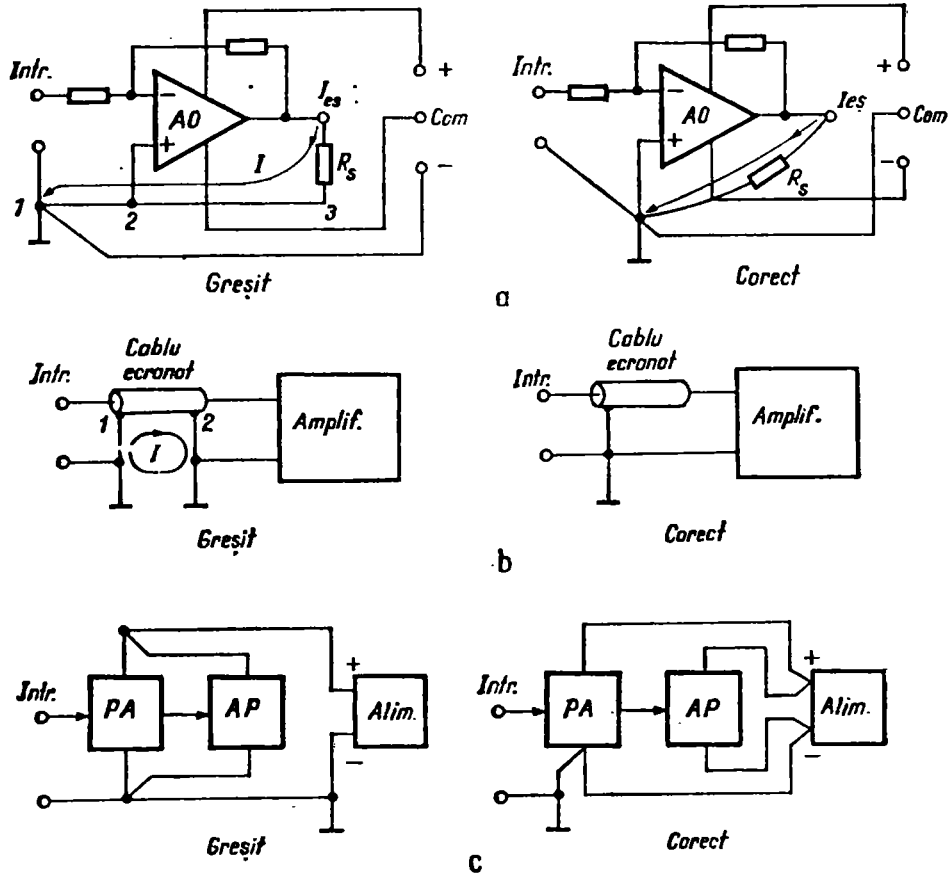


Fig. III.2. Exemple de realizare a circuitului de masă.

o reacție pozitivă. În asemenea situație etajul oscilează sau este instabil. Se spune că există o buclă de masă. Pentru eliminarea buclei de masă se realizează montajul „corect". Se constată că prin conectarea într-un singur punct de masă a elementelor de circuit curentul de sarcină I va parcurge numai rezistența de sarcină.

Tot o buclă de masă apare și în figura III.2 b, dar efectul ei este altul. În montajul „greșit", între punctele *1* și *2* ale tresei cablului ecranat circulă un curent perturbator I. Acest curent va produce prin inducție o tensiune de zgomot în firul prin care trece semnalul util (firul „cald"). Semnalul fiind afectat de zgomot va fi amplificat și auditia va fi însoțită de zgomote (de obicei de brum). În montajul „corect" prin tresa cablului ecranat nu circulă curent, ea avînd numai rolul de ecran împotriva perturbațiilor. În figura III.2 c se ilustrează influența curenților de intensitate mare ai etajului amplificator de putere, *AP*. În montajul „greșit" componenta continuă și cea de audiofrecvență parcurge

conexiunile cu care este alimentat și preamplificatorul *(PA)*. Căderea de tensiune pe rezistențele conductoarelor de masă, la curenți de ordinul amperilor, devine perturbatoare pentru etajele preamplificatorului. Apare o înrăutățire a zgomotului, scade stabilitatea și fidelitatea lanțului de amplificare. În montajul „corect" preamplificatorul este alimentat prin conductoare (trasee) diferite de cele ale etajului de putere. De asemenea, punctul de masă este amplasat la intrarea în lanțul de amplificare.

O atenție deosebită trebuie să se acorde la interconectarea mai multor subansamble sau aparate; pentru clarificare am prezentat și la paragraful „Preamplificatoare pentru doze magnetice" figura III.2 c.

Problema realizării corecte a circuitului de masă devine și mai complexă în cazul montajelor de înaltă frecvență. În acest domeniu de frecvențe, în afara influenței rezistenței circuitului de masă contează în special inductanțele acestuia.

Încheiem răspunsul la această întrebare cu cîteva recomandări cu privire la realizarea circuitului de masă:

— Rezistența circuitului de masă să fie cît mai mică. Adică conexiuni cît mai scurte, secțiuni mari, conductoare de cupru.

— Alegerea configurației circuitelor și a punctelor de punere la masă pentru a se evita „buclele de masă".

— Evitarea traseelor alăturate prin care circulă curenți slabi (de semnal) și curenți de intensitate mare.

— Conectarea treselor cablelor ecranate astfel încît prin acestea să circule curenți de intensitate cît mai mică.

— Evitarea înnădirii conductoarelor circuitelor de masă.

— Decuplarea atît în joasă frecvență (cu electrolitici), cît și în înaltă frecvență (cu capacitoare ceramice) a ieșirii din alimentatoare. *(I.S.)*

CAPITOLUL IV

DESPRE SURSELE DE SEMNAL ŞI TRANSDUCTOARELE ELECTROACUSTICE

1. MICROFOANE

Sursele de semnal şi transductoarele electroacustice sînt părţi componente indispensabile ale aparaturii electronice destinate reproducerii şi transmiterii programelor sonore.

În cele ce urmează vom prezenta principalele surse de semnale şi transductoare electroacustice cu scopul de a permite maselor largi de utilizatori o mai bună înţelegere a modului de percepere şi reproducere a transmisiunilor sonore.

Este bine de ştiut că numai cunoscînd construcţia şi modul de funcţionare al elementelor ce intră în componenţa surselor de semnale şi a transductoarelor electroacustice se va putea asigura o întreţinere eficientă care să mărească durata de funcţionare.

Sursele de semnal

Funcţional, sursele de semnal se pot împărţi în trei mari categorii principale:

Din prima categorie fac parte transductoarele electromecanice: microfoanele şi dozele de redare.

Capetele de înregistrare şi de redare fac parte din a doua categorie. Ele sînt transductoare magnetoelectrice, care transformă semnalele electrice în fluxuri magnetice ce creează pe banda magnetică o magnetizare remanentă, în cazul capetelor de înregistrare, sau transformă variaţia magnetismului benzii în semnale electrice, în cazul capetelor de redare.

În cea de a treia categorie intră generatoarele de semnal, în principal de semnale pur sinusoidale ce servesc în general la măsurarea caracteristicilor unui lanţ electroacustic sau la crearea unor efecte sonore.

Microfoane

Dintre sursele de semnal enumerate mai sus, microfoanele ocupă un loc de frunte. Ele sînt singurele aparate electroacustice capabile să capteze oscilaţiile sonore naturale, din care motiv mai sînt denumite şi surse de semnal primare.

Microfoanele captează semnalele produse în spaţiul înconjurător, transformînd oscilaţiile acustice (mecanice) în oscilaţii electrice, obţinîndu-se la bornele acestora semnale electrice de audiofrecvenţă.

Ele se pot clasifica după mai multe criterii:

1. din punct de vedere al principiului constructiv,

2. după principiul de funcţionare,

3. după tipul constructiv,

4. după caracteristicile de directivitate,

5. după impedanţa de ieşire.

— Din punct de vedere al principiului constructiv întîlnim două tipuri de microfoane. Microfoanele cu cărbune utilizate în telefonie, care funcţionează pe principiul comandării unei surse de curent continuu şi microfoanele utilizate în electroacustică, funcţionînd pe principiul transformării energiei.

— După principiul de funcţionare întîlnim: microfoane cu rezistenţă variabilă, electrodinamice, electromagnetice şi piezoelectrice.

Acestea la rîndul lor pot fi clasificate din punct de vedere constructiv.

1. *Microfoanele cu rezistenţă variabilă:*

— microfoanele cu cărbune

2. *Electrodinamice:*

a) microfoane cu bobină mobilă;

b) microfoane cu bandă

3. *Electrostatice:*

a) microfoane condensator,

b) microfoane cu electret

4. *Piezoelectrice:*

a) microfoane cu cristal

— După caracteristica de directivitate întîlnim microfoane cu caracteristica de directivitate simplă şi microfoane cu caracteristica de directivitate compusă;

— După impedanţa de ieşire se disting două tipuri de microfoane: de impedanţă mică şi de impedanţă mare.

Microfoanele din primul tip au impedanţa de 50Ω, 150Ω, 200—500Ω; microfoanele din al doilea tip au impedanţa cuprinsă între 20kΩ—50kΩ

2. CARACTERISTICI ELECTRICE ŞI ACUSTICE ALE MICROFOANELOR

Cele mai importante caracteristici electrice care influenţează esenţial calitatea transmisiunilor sonore sînt: sensibilitatea, caracteristica de frecvenţă, distorsiunile, zgomotul propriu şi impedanţa de ieşire.

Directivitatea

Pentru a se putea analiza în mod unitar transformarea de către diferite microfoane a oscilaţiilor acustice în semnale electrice este util a se stabili o caracteristică, prin care să se exprime sensibilitatea în funcţie de frecvenţa şi direcţia din spaţiu a oscilaţiilor acustice.

Caracteristica se numeşte *caracteristică de directivitate* şi este trasată grafic prin diagrame de directivitate (fig. IV.1.).

Caracteristicile de directivitate sînt de trei feluri:

a) de formă circulară;

b) de forma cardioidei;

c) de forma cifrei opt sau dublu sferică.

Sensibilitatea este calitatea microfonului de a transforma cît mai eficient energia acustică în energie electrică.

Ea se exprimă cantitativ prin raportul dintre valoarea tensiunii efective U, obţinută la bornele microfonului şi valoarea presiunii acustice p ce se exercită asupra microfonului.

$$S = \frac{U(mV)}{p(\mu bar)}.$$

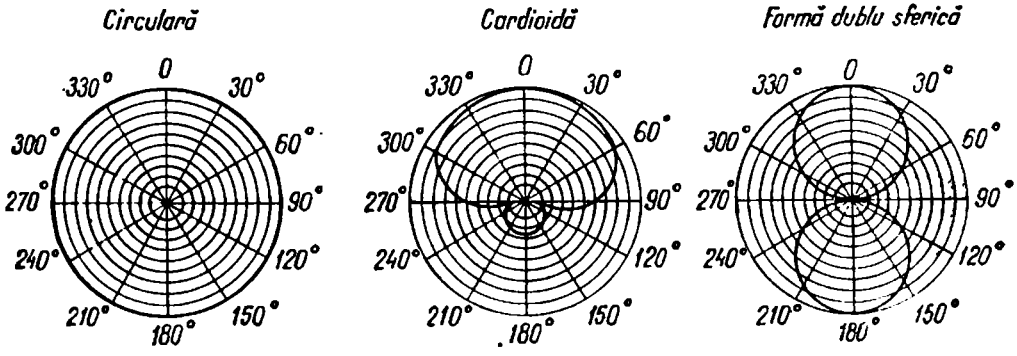


Fig. IV.1. Caracteristici de directivitate.

Caracteristica de frecvență sau răspunsul microfonului reprezintă nivelul tensiunii la bornele microfonului în funcție de frecvență, la aplicarea unei oscilații acustice de intensitate constantă.

Ea se prezintă grafic, în abscisă avînd frecvența (scara este de regulă logaritmică), iar în ordonată nivelul tensiunii la bornele microfonului (în general exprimată în dB).

Caracteristica unui microfon pentru voce este dată în figura (IV.2)

Neuniformitatea caracteristicii de frecvență reprezintă valorile extreme (maximă și minimă) a tensiunii date de microfon în raport cu tensiunea de referință. Ca nivel de referință se consideră nivelul debitat de microfon la frecvența de 1 kHz și un nivel acustic de 30 dB.

Valorile admisibile ale abaterii caracteristicii de frecvență sînt date în prospectul microfonului și ele depind de calitatea acestuia.

Distorsiunile neliniare pot afecta în mod neplăcut audiția. Ele apar datorită deformării formei sinusoidale a semnalului, deformări ce duc la apariția armonicelor. Urechea umană este sensibilă la distorsiunile neliniare, pe care la 2% le sesizează. Distorsiunile mai mari de 10% fac audiția neplăcută.

În tehnica modernă a microfoanelor s-au obținut distorsiuni sub 0,5% în banda 20—20 000 Hz (cazul microfoanelor Hi-Fi pentru studiouri).

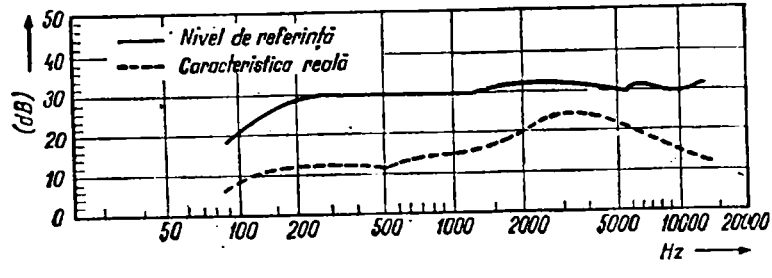


Fig. IV.2. Caracteristica unui microfon pentru voce.

Raportul semnal/zgomot este parametrul care pune în evidenţă zgomotul propriu al microfonului. El reprezintă raportul dintre tensiunea utilă şi cea de zgomot pentru o presiune acustică stabilită. Ea se exprimă în dB.

În cazul microfoanelor de calitate se obţine la o presiune de 1 μbar raportul semnal/zgomot de 60 dB (adică de 1 000 ori).

Rezistenţa internă a microfoanelor — depinde de principiul de funcţionare şi de tipul constructiv al acestora. În majoritatea cazurilor, rezistenţa internă este chiar impedanţa de ieşire a microfonului.

De valoarea rezistenţei interne depinde şi nivelul tensiunii de zgomot. Se ştie că la o rezistenţă mică, zgomotul este scăzut. De aceea se preferă microfoane cu rezistenţă internă mică. La acestea se pot conecta şi cabluri de legătură mai lungi fără a afecta calitatea semnalului.

3. MICROFONUL CU BOBINĂ MOBILĂ

Microfonul dinamic cu bobină mobilă este compus dintr-un magnet permanent, o bobină circulară mobilă şi o membrană realizată din mase plastice (vezi fig. IV.3).

Faţa membranei este în contact direct cu masa de aer. În spatele membranei este fixată o bobină cilindrică. Ea se află între polii magnetului, adică în flux magnetic constant creat de polii acestuia. Dacă în masa de aer apar vibraţii acustice, acestea vor acţiona asupra membranei, deplasînd-o. Odată cu aceasta se va deplasa şi

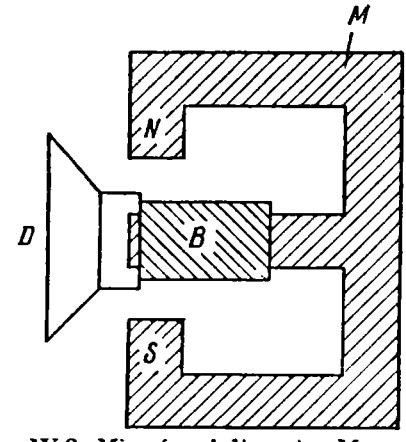


Fig. IV.3. Microfonul dinamic; *M* — magnet permanent, *B* — bobina mobilă, *D* — membrană.

bobina mobilă a cărei mişcare va duce la intersectarea liniilor cîmpului magnetic generat de magnet.

Prin intersectarea liniilor cîmpului magnetic la capetele bobinei va apărea o tensiune electromotoare indusă de audiofrecvenţă.

Caracteristica de frecvenţă a microfonului dinamic depinde în cea mai mare măsură de forma şi dimensiunile membranei, precum şi de forma constructivă a microfonului. În diferite microfoane cu bobină mobilă forma membranei utilizate poate fi: circulară, semisferică, conică, eventual sector sferic.

După cum am arătat, forma constructivă a microfonului influenţează caracteristica de frecvenţă a acestuia. Din aceste considerente, forma sferică a microfonului sau cilindrică alungită (de „trabuc") sînt cele mai avantajoase. De altfel sînt formele cele mai întîlnite.

Sensibilitatea microfoanelor cu bobină mobilă este cuprinsă între

0,1...0,2 mV/μbar, iar nivelul tensiunii de ieșire este cuprins între 0,1...0,5 mV. Datorită nivelului mic al tensiunii de ieșire este necesară montarea după a cel mult 2 m de cablu a unui preamplificator sau a unui transformator de microfon.

În microfoanele moderne, transformatoarele de microfon sînt încorporate, ceea ce permite utilizarea unui cablu suficient de lung pînă la amplificator.

Caracteristica de frecvență a microfoanelor cu bobină mobilă diferă de la un tip la altul. Microfoanele de calitate medie, cu bandă cuprinsă între 80...12 000 Hz, au o abatere de ± 4...6 dB. Cele semiprofesionale au banda de frecvențe între 60...16 000 Hz, cu abaterea de ± 4 dB.

Distorsiunile acestui tip de microfon nu depășesc 2%. În cazul microfoanelor semiprofesionale Hi-Fi distorsiunile sînt de 0,5...1,5% în banda de frecvențe dată.

4. MICROFONUL CU BANDĂ

Microfonul cu bandă este tot un microfon dinamic, care se aseamănă funcțional cu microfonul cu bobină mobilă. La acest tip de microfon, locul bobinei circulare este luat de o folie subțire de aluminiu (vezi fig. IV.4). Ea se află situată între polii unui magnet. Cînd banda este antrenată de oscilațiile acustice, mișcîndu-se într-un cîmp magnetic, în ea se induce o tensiune electromotoare de audiofrecvență.

Rezistența internă proprie a benzii este foarte mică, în general 0,1Ω.

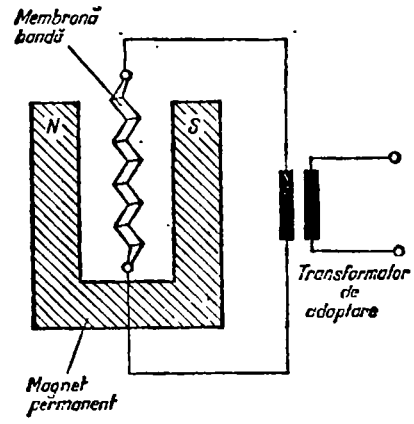


Fig. IV.4. Microfonul cu bandă.

Din acest motiv, tensiunea ce apare la bornele ei este deosebit de mică și nu se poate transmite prin cablu nici măcar 1 m.

De aceea, în interiorul microfonului se încorporează un transformator. Acesta are rolul, pe de o parte, de a ridica în secundar tensiunea de audiofrecvență, iar pe de altă parte, de a realiza adaptarea rezistenței interne foarte mici la impedanța cablului de microfon.

Transformatoarele de microfon utilizate au în general un raport de transformare de 1:45. În felul acesta se obține o impedanță de ieșire în jur de 200Ω.

Microfoanele cu bandă au în general caracteristici calitative bune, motiv pentru care sînt des utilizate în tehnica studiourilor. Ele sînt folosite atît pentru vorbă cît și pentru muzică.

Una din caracteristicile specifice ale microfonului cu bandă este aceea că în cazul surselor apropiate de microfon se produce o accentuare a frecvențelor joase, care, în cazul vocii, introduce

o tentă sonoră ireală — în special la vocile bărbăteşti. În cazul transmisiunilor muzicale, acest efect este utilizat pentru favorizarea instrumentelor solo din domeniul frecvenţelor joase.

Sensibilitatea microfoanelor cu bandă este în jurul valorii de 0,1 mV/μbar. Caracteristica de frecvenţă a microfoanelor de calitate medie de acest tip este 80...14 000 Hz, cu abatere ± 6 dB, iar a microfoanelor profesionale 80...16 000 Hz cu abatere ± 4 dB.

Nivelul de zgomot propriu este mai mic decît al microfoanelor cu bobină mobilă 0,2 μV, iar distorsiunile sînt cuprinse între 0,5...1,5% de la un tip la altul.

5. MICROFONUL CONDENSATOR

Dintre toate microfoanele ce funcţionează pe principii electroacustice, microfonul condensator este cel mai bun transductor.

Principiul lui de funcţionare este deosebit de simplu. El se bazează pe variaţia capacităţii în funcţie de oscilaţiile sonore. Constructiv, el este format dintr-o incintă acustică ce formează armătura fixă şi o membrană din masă plastică metalizată ce formează armătura mobilă a condensatorului. Odată cu vibraţiile membranei mobile sub influenţa oscilaţiilor sonore, se modifică corespunzător şi capacitatea electrică.

Între cele două armături se formează o pernă de aer, care readuce membrana mobilă — după încetarea presiunii — în poziţia iniţială. Pentru mărirea elasticităţii pernei se practică în armătura fixă mici orificii (vezi fig. IV.5). Acestea nu afectează esenţial capacitatea microfonului.

După cum se vede din figură, armăturile condensatorului sînt polarizate printr-un rezistor de ordinul a unui megohm, de către o sursă de curent continuu. Cînd oscilaţiile sonore determină mişcarea membranei, capacitatea se modifică, deci sarcina electrică a celor două armături, şi prin rezistor va trece un curent proporţional cu variaţia capacităţii.

De la bornele rezistorului se va culege tensiunea de audiofrecvenţă.

Amplitudinea vibraţiilor membranei bine tensionate este deosebit de mică, astfel inerţia ei este neglijabilă. Din acest motiv, distorsiunile armonice ale microfonului condensator sînt foarte mici. În practică se întîlnesc valori cuprinse între 0,3...10% în funcţie de tipul constructiv.

Rezistenţa internă a microfonului condensator este foarte mare, iar nivelul semnalului de ieşire foarte mic avînd

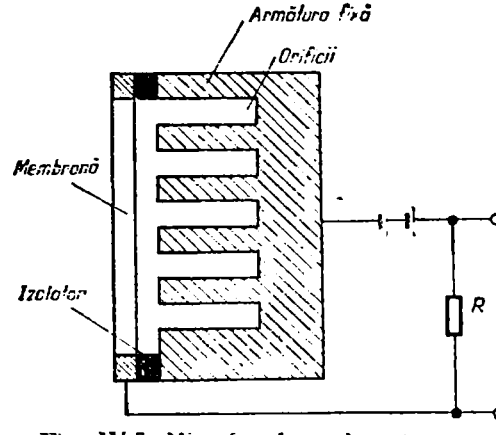


Fig. IV.5. Microfonul condensator.

o valoare de 0,05...1 mV. Acest nivel foarte mic nu permite conectarea unui cablu de o lungime acceptabilă fără a nu afecta raportul semnal/zgomot. Deoarece utilizarea unui transformator de microfon nu era posibilă, datorită rezistenței interne mari, s-a recurs la un preamplificator. Acesta are o impedanță de intrare de 100...200MΩ și se conectează chiar în carcasa microfonului.

Lungimea cablului de legătură dintre capsula microfonului și preamplificator este de 3...4 cm.

În prezent, datorită dezvoltării circuitelor integrate, aceste preamplificatoare au un gabarit mic, avînd totodată și un raport semnal/zgomot foarte bun.

După cum rezultă de mai sus, caracteristica de frecvență și raportul semnal/zgomot ale microfonului condensator sînt într-o strînsă dependență de performanțele preamplificatorului cu care este prevăzut.

Cu preamplificatoarele fabricate în prezent, microfoanele profesionale au o bandă de 20...20 000 Hz cu abaterea de ± 1 dB și un raport semnal/zgomot de 65...70 dB.

Rezistența de ieșire a acestui tip de microfon este nominalizată la 200 Ω. Nivelul semnalului de ieșire este de 5...10 mV, valoare ce permite conectarea microfonului cu un cablu ecranat mai lung, fără a influența semnificativ raportul semnal/zgomot.

Sensibilitatea microfoanelor condensator este între 0,1...0,3 mV/μbar. Nivelul zgomotului este dependent de tipul preamplificatorului încorporat.

6. MICROFONUL CU ELECTRET

Electretul este un strat subțire izolant, care pe ambele fețe este încărcat cu sarcini electrice de semne opuse. Electretul se realizează în modul următor: izolantul topit este supus unui cîmp electrostatic foarte puternic sub acțiunea căruia se produce polarizarea moleculelor. Se lasă apoi folia izolantă să se răcească în acest cîmp. În felul acesta se obține o folie încărcată cu sarcini electrice de semne opuse, pe cele două fețe, creîndu-se între acestea un cîmp electrostatic, asemănător cîmpului magnetic permanent.

Funcționarea și construcția microfonului cu electret este asemănător microfonului cu condensator.

Folia de electret (care înlocuiește folia metalizată de la microfonul condensator) se metalizează pe una din fețe și va constitui armătura mobilă a condensatorului. Armătura fixă, rigidă, se realizează din metal și are o formă constructivă asemănătoare cu cea de la armătura fixă a microfonului condensator. Peste armătura fixă se așază fața nemetalizată (izolată) a foliei electretului (fig. IV.6.)

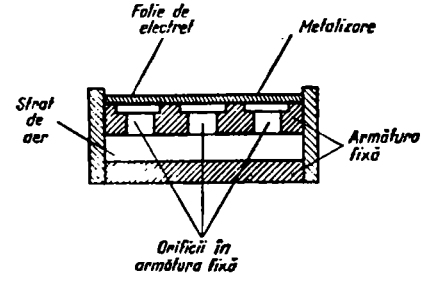


Fig. IV.6. Microfonul cu electret.

Între folia electret şi armătura fixă există un strat de aer de ordinul milimetrilor. Volumul aerului închis de folie se măreşte prin practicarea unor orificii de mici dimensiuni în armătura fixă. O dată cu creşterea volumului de aer se măreşte şi elasticitatea membranei microfonului şi implicit şi sensibilitatea lui.

Deoarece grosimea foliei de electret este foarte mică, capacitatea electrică este mai mare ca în cazul microfonului clasic cu condensator (capacitatea creşte de aproximativ trei ori). De asemenea scade şi valoarea rezistenţei interne (aproximativ tot de trei ori), uşurîndu-se problema realizării preamplificatoarelor. Existenţa cîmpului electric în folia de electret face inutilă tensiunea mare de polarizare, necesară microfoanelor condensator.

Microfoanele cu electret de calitate medie au caracteristica de frecvenţe cuprinsă între 20...20 000 Hz, cu abatere de ± 3 dB. Impedanţele uzuale sînt: 50Ω, 250Ω, 600Ω şi 1 000 Ω. Raportul semnal/zgomot la construcţiile mai simple este 46...55 dB, iar la tipurile de calitate 60...65 dB.

În prezent, majoritatea casetofoanelor portabile sînt echipate cu acest tip de microfon.

Dimensiunile reduse ale microfonului cu electret folosite la casetofoane au determinat constructorul să folosească o folie de electret cu suprafaţă mică 1...1,5 cm².

Prin reducerea suprafeţei membranei, microfonul este mai puţin sensibil la frecvenţe joase, asigurînd o liniaritate bună a caracteristicii de frecvenţă numai pentru frecvenţele mai mari de 100...150 Hz.

În felul acesta s-au putut elimina zgomotele datorate vibraţiilor mecanice (care în general au domeniul frecvenţelor sub 100 Hz) din conţinutul semnalului util.

Microfoanele cu electret de bună calitate au suprafaţa membranei de 2...5 cm². Sensibilitatea în cazul acestora este de 0,5...1 mV/μbar.

Amplificarea tensiunii de valoare mică ce provine de la capsula microfonului cu electret se realizează cu preamplificatoare moderne prevăzute cu tranzistoare cu efect de cîmp (TEC), cu circuite discrete sau cu circuite integrate. Aceste preamplificatoare de regulă sînt încorporate în microfon.

În cazul casetofoanelor, preamplificatorul pentru microfonul cu electret (care este plasat pe panoul frontal) se realizează, de regulă, într-un singur circuit integrat.

7. DOZE DE REDARE

Dozele de redare ocupă locul al doilea în ordinea importanţei surselor de semnal. Ele mai sînt denumite surse secundare de semnal şi sînt utilizate în două situaţii la redarea discurilor fonografice şi la captarea oscilaţiilor coardelor metalice ale unor instrumente muzicale. Cu acestea din urmă nu ne vom ocupa.

Explorarea oscilaţiilor gravate mecanic în şanţul discului si transformarea acestora în semnale electrice de audiofrecvenţă este realizată de către dozele de picup.

Clasificarea lor se face după mai multe criterii.

1. După modul de explorare a șanțului gravat.
2. După modul de transformare a semnalelor
3. După principiul sistemului de transformare
4. După principiul de funcționare
5. După principiul constructiv
6. După calitatea semnalelor sonore

După *modul de explorare a șanțului gravat* se întîlnesc două categorii de doze. Prima categorie este aceea a dozelor cu explorare prin atingerea șanțului gravat, prin intermediul acului de redare. A doua categorie este a dozelor care nu ating suprafața discului făcîndu-se prin reflexiile produse asupra unui fascicul de lumină coerentă, de către pereții șanțului gravat. Acest tip de doze, datorită costului ridicat, sînt încă o raritate.

După *modul de transformare a semnalelor*. În prezent, cele mai utilizate doze sînt cele prevăzute cu transductoare electromecanice.

După *principiul sistemului de transformare* întîlnim doze active și pasive.

Constructiv, atît dozele active cît și cele pasive se pot grupa în:

1. *Doze pasive*
   a) piezoelectrice
   b) cu caracter inductiv
2. *Doze active*
   c) cu caracter capacitiv
   d) electronice

După *principiul constructiv* sînt cunoscute următoarele tipuri de doze:

a) piezoelectrice
   — doze cu cristal
   — doze ceramice
b) cu caracter inductiv
   — doze magnetice
   — doze electrodinamice
c) cu caracter capacitiv
   — doze condensator
d) electronice
   — doze fotoelectronice
   — doze semiconductoare.

Ca și în cazul microfoanelor, înainte de a trece la prezentarea celor mai utilizate doze, vom face o scurtă trecere în revistă a principalelor caracteristici mecanice și electroacustice ale dozelor de picup.

8. CARACTERISTICI MECANICE ȘI ELECTROACUSTICE ALE DOZELOR DE REDARE

În prezent, cea mai mare parte a dozelor folosite fac parte din categoria celor cu explorarea prin atingere. Ele sînt constituite din trei părți componente: vîrful de redare, suportul vîrfului de redare și transductorul.

Deoarece în prezent majoritatea dozelor (99,9%) sînt de tip electromecanic, proprietățile acestora vor fi descrise de către caracteristicile mecanice și electroacustice.

Caracteristicile mecanice cele mai importante ale dozelor sînt: masa echipamentului mobil; forma și starea vîrfului de redare; forța de apăsare a vîrfului de redare; elasticitatea suportului vîrfului de redare; elasticitatea față de amplitudinea de deplasare a șanțului.

Pentru stabilirea calității unei doze cele mai importante caracteristici electroacustice sînt: caracteristica de frec-

venţă; atenuarea de diafonie; distorsiunile geometrice; asimetria canalelor.

Masa echipajului mobil

La redarea discurilor, calitatea audiţiei este dependentă în mare măsură de calitatea contactului dintre vîrful de redare şi suprafaţa şanţului gravat. Ea este influenţată de masa echipajului mobil care este compus din masa vîrfului de redare, a suportului acestuia şi a părţilor mobile ale transductorului.

La dozele uzuale se întîlnesc valori între 3...5 mg, iar la dozele Hi-Fi valoarea masei nu trebuie să depăşească 2 mg.

Forma şi starea vîrfului de redare

În practică se cunosc patru tipuri de profile transversale ale vîrfurilor de redare: circulare, eliptice, patrulatere si hexagonale.

De dimensiunile şi calitatea suprafeţei de redare a acului depinde explorarea corespunzătoare a şanţului gravat.

Referitor la forma vîrfului de redare se exprimă numeric raza de curbură a vîrfului şlefuit, care, în cazul dozelor stereo la vîrfurile semisferice, este între 13...18 μm.

Forţa de apăsare a vîrfului de redare

Reprezintă forţa de apăsare pe suprafaţa şanţului gravat necesară pentru obţinerea nivelului nominal al semnalului de ieşire din doză. La dozele cu caracter inductiv şi capacitiv forţa de apăsare necesară este, în funcţie de calitatea dozei, între 0,5...3 gf, iar la dozele piezoelectrice între 5...12 gf. Forma vîrfului de redare influenţează şi ea mărimea forţei de apăsare.

Elasticitatea suportului vîrfului de redare

Ea depinde de rigiditatea materialului din care este confecţionat suportul. Elasticitatea dozelor moderne este mai bună de 0,08 mm/gf.

Elasticitatea faţă de amplitudinea de deplasare a şanţului

Această caracteristică ne arată care este elongaţia permisibilă a vîrfului de redare, astfel că la o frecvenţă şi o forţă de apăsare date, redarea să nu fie însoţită de distorsiuni.

Caracteristica de frecvenţă

Conform normelor DIN, o doză de picup trebuie să asigure o caracteristică de frecvenţă la redarea discului de măsură (se foloseşte un disc de măsură DIN), între 40...63,5 Hz cu abaterea 5 dB; 63,5...8 000 Hz cu abaterea ± 2 dB şi 8 000...12 500 Hz cu abaterea de ± 5 dB.

În practică se întîlnesc între 20...20 000 Hz, următoarele domenii ale caracteristicii de frecvenţă: între 20...40 Hz cu ± 5 dB, 40...63,5 Hz cu ± 3 dB, 63,5...10 000 Hz cu ± 1 dB, 10 000...14 000 Hz cu ± 3 dB şi 14 000 Hz...20 000 Hz cu ± 3 dB. Aceste caracteristici sînt valabile numai dacă sînt cunoscute caracteristicile discului de măsură (etalon).

Atenuarea de diafonie

Valoarea numerică a atenuării de diafonie a dozei de redare exprimă cu cîţi decibeli (dB) este mai mic semnalul obţinut pe canalul nemodulat

față de semnalul din canalul modulat. Ea se determină în general la frecvența de 1 kHz.

Distorsiunile neliniare

Distorsiunile neliniare pot apărea din cauza caracterului neliniar al transformării sau din nepotrivirile de natură geometrică între modul de gravare și modul de explorare a șanțului gravat pe suprafața discului.

În primul caz distorsiunile apar ca produse de modulație care se traduc prin apariția unor sunete combinate (bătăi). Mărimea acestor distorsiuni nu se poate pune în evidență cu instrumentele de măsură, din care motiv fabricile producătoare nu le prezintă printre datele tehnice. Valoarea acestor distorsiuni poate fi neglijată.

Distorsiunile din cauza nepotrivirii de natură geometrică între modul de gravare și modul de explorare au o influență apreciabilă asupra calității audiției. Apar astfel erori ale unghiului de citire și efectul forței centripete, care duc la apariția armonicilor pare și a unei modulații de fază.

Deoarece modulația de fază este proporțională cu modulația de frecvență se pot efectua măsurători precise asupra distorsiunilor prin măsurarea componentelor de intermodulație. Distorsiunile de intermodulație se măsoară în funcție de forța de apăsare a vîrfului de redare și de elongația vibrațiilor gravate pe disc.

Valoarea permisibilă a intermodulației la 6 dB este de 1%. Dozele moderne au valoarea intermodulației sub 0,5%.

9. DOZELE CU CRISTAL

Dozele cu cristal sînt cele mai vechi tipuri de doze. Sistemul transductor este alcătuit dintr-un jug de susținere, în care sînt fixate două lame de cristal piezoelectric paralelipipedice, cuprinse în două planuri care fac între ele un unghi de 45°. Cele două lame de cristal piezoelectric au o grosime de aproximativ 0,1...0,3 mm și sînt realizate din cristalul de sare Seignette, tăiate cu mijloace specializate, după axele electrice.

Cele două suprafețe ale lamei de cristal se acoperă cu un lac special conductor. La suprafețele exterioare celor două lamele sînt conectate firele de ieșire.

La capetele celor două lamele se află două piese elastice din masă plastică de care este fixat suportul vîrfului de redare.

La redare vîrful explorează șanțul gravat, transmițînd vibrațiile mecanice ale acestuia celor două lamele piezoelectrice. Prin deformațiile elastice ale lamelelor, la bornele de ieșire ale acestora apar semnale electrice de audiofrecvență.

Sensibilitatea dozelor cu cristal este scăzută, ea nedepășind valoarea de 0,04 mm/gf. De aceea, pentru obținerea unor semnale de ieșire suficient de mari pentru a putea fi utilizate, este necesară o forță de apăsare mare care să depășească valoarea de 3 gf.

Forța de apăsare mare determină uzura vîrfului de redare și a pereților șanțului gravat, fapt ce duce la degradarea informației sonore de pe disc

(are loc o uzură simultană a discului şi a acului dozei).

În general vîrful de redare este construit din safir, cu secţiunea circulară şi raza de curbură între 15...25 μm. Durata de utilizare este dependentă de tipul dozei. În cazul dozelor mai sensibile, forţa de apăsare necesară este mai mică şi uzura este mai lentă.

Dacă acul este folosit la doze mai puţin sensibile, care să necesite o forţă de apăsare mai mare, uzura acului este mai rapidă.

Durata de utilizare a vîrfului de redare este de 200...500 ore, în funcţie de forţa de apăsare.

Dozele de calitate medie au distorsiunile cuprinse între 4...5%, iar cele de calitate mai bună au 2...3%.

Dezavantajul principal al dozelor cu cristal este sensibilitatea mare faţă de variaţiile de temperatură ale mediului ambiant. La o creştere cu 10°C faţă de temperatura normală de lucru (18...22°C) are loc o scădere a semnalului de ieşire cu 25%.

Singurul avantaj al dozelor cu cristal este nivelul destul de ridicat al semnalului de la ieşire. Nivelul semnalului este cuprins între 400...800 mV pe o impedanţă de ieşire de 0,5...2 MΩ.

Caracteristica de frecvenţă la dozele de calitate medie este între 60...12 000 Hz, cu o abatere de ± 6 dB, avînd numeroase denivelări.

10. DOZELE CERAMICE

Dozele ceramice sînt asemănătoare din punct de vedere constructiv cu dozele cu cristal.

La dozele ceramice, elementul transductor nu mai este o lamelă de cristal tăiată dintr-un macrocristal de sare Seignette, ci este format dintr-o lamelă de ceramică policristalină (piezooxidică).

Proprietăţile piezoelectrice apar numai după tratamente termice speciale şi sinterizare. Plăcuţa ceramică se poate realiza cu grosimea mai mică şi cu elasticitatea mai mare ca lamelele folosite la dozele cu cristal, din care cauză la forţe de deformare mai mici produce un nivel corespunzător al semnalului de ieşire.

La acest tip de doză se obţine la ieşire o tensiune de aproximativ 500 mV, la o forţă de apăsare de 2...4 gf.

În comparaţie cu dozele cu cristal, dozele ceramice au o stabilitate mult mai bună cu temperatura. Astfel, pînă la + 70°C nu sînt influenţate de temperatură. Umiditatea mediului ambiant nu influenţează proprietăţile electrice ale plăcuţelor, însă la acţiunile mecanice (şocuri) sînt mai sensibile decît dozele simple cu cristal.

Banda de frecvenţă, în cazul dozelor ceramice de calitate medie, este cuprinsă între 30...16 000 Hz, cu ± 6 dB, iar în cazul celor de calitate ridicată între 30...18 000 Hz cu ± 6 dB. Distorsiunile diferă în funcţie de tipul dozei; valorile sînt cuprinse între 0,5...2%.

Pentru a se mări durata de utilizare a dozelor vîrful de redare este realizat din diamant (în marea majoritate a cazurilor). În felul acesta se obţin durate de utilizare pînă la 800 ore în cazul unei forţe de apăsare de 5 gf.

Constatări practice arată că vîrfurile din diamant se pot folosi 1 200 ore la forța de apăsare de 2 gf, 1 400 ore la 1 gf și 1 500 ore la 0,5 gf. La aceasta contribuie și raza de curbură mică a vîrfurilor de redare.

11. DOZELE MAGNETICE

În prezent dozele magnetice sînt cele mai utilizate în tehnica Hi-Fi. După modul constructiv ele se împart în trei grupe: cu magnet mobil (magnetodinamice); cu miez de fier mobil (ferodinamice); cu reluctanță variabilă.

Funcționarea dozelor magnetice se bazează pe principiul inducției electromagnetice; dacă spirele unei bobine sînt străbătute de linii de cîmp magnetice variabil, în bobină se induce o tensiune electromotoare. Tensiunea electromotoare indusă este:

$$e = -n\frac{d\Phi}{dt}$$

unde: n este numărul de spire al bobinei; Φ este fluxul magnetic; $\frac{d\Phi}{dt}$ este variația fluxului magnetic.

Variația fluxului magnetic $\frac{d\Phi}{dt}$ este proporțională cu viteza de oscilație a vîrfului de redare, v, deci rezultă $e = k\,v$ unde k este o constantă tipică dozei.

Dozele cu magnet mobil transformă vibrațiile mecanice explorate de vîrful de redare în tensiune de audiofrecvență pe baza principiului inducției electromagnetice expus mai sus.

La acest tip de doze traductorul este alcătuit din una sau mai multe bobine cu miez magnetic, în dreptul cărora oscilează un minuscul baston de magnet permanent. Acesta este solidar cu suportul vîrfului de redare. La mișcarea vîrfului de redare se mișcă și bastonul de magnet permanent, care va determina un flux magnetic în corespondență cu vibrațiile modulate în șanțul gravat.

Prin variația fluxului magnetic în dreptul miezurilor bobinelor se induce în acestea tensiunea de audiofrecvență.

Dozele moderne sînt realizate cu două sau patru bobine. De numărul acestora depinde nivelul de audiofrecvență de la ieșire. Acesta este cuprins între 2...10 mV. De numărul bobinelor depinde și impedanța de ieșire care este cuprinsă între 10...50 kΩ.

Dozele cu miez de fier sînt asemănătoare cu dozele magnetodinamice. La acestea în locul magnetului mobil se folosește un miez de fier moale. Miezul de fier moale se află într-un cîmp magnetic constant, creat de un magnet permanent. El se comportă ca un magnet secundar. Odată cu vibrațiile vîrfului de redare, se va modifica și fluxul magnetic din bobinele dozei, inducîndu-se în spirele acesteia tensiunea electromotoare de audiofrecvență.

Prin folosirea miezului de fier s-a redus masa echipajului mobil, mărindu-se astfel elasticitatea acestuia.

Dozele cu reluctanță variabilă

Principiul de funcționare al acestor doze se bazează pe modificarea reluctanței circuitului magnetic în funcție de oscilațiile vîrfului de redare în timpul explorării șanțului modulat.

Despre caracteristicile calitative generale se poate arăta caracteristica de frecvenţă între 30...20 000 Hz, cu abaterea de ± 2 dB, distorsiunile armonice între 0,1...0,5% (fig. IV.7.)

12. DOZELE ELECTRODINAMICE

La acest tip de doză bobina este fixată de suportul vîrfului de redare. Din acest motiv dozele electrodinamice se mai numesc şi doze cu bobină mobilă.

Bobina se află într-un cîmp magnetic constant care este creat, ca şi în cazul celorlalte doze, dintr-un magnet permanent. În timpul explorării discului, prin mişcarea bobinei în cîmpul magnetic, se induce în spirele acesteia tensiunea de audiofrecvenţă.

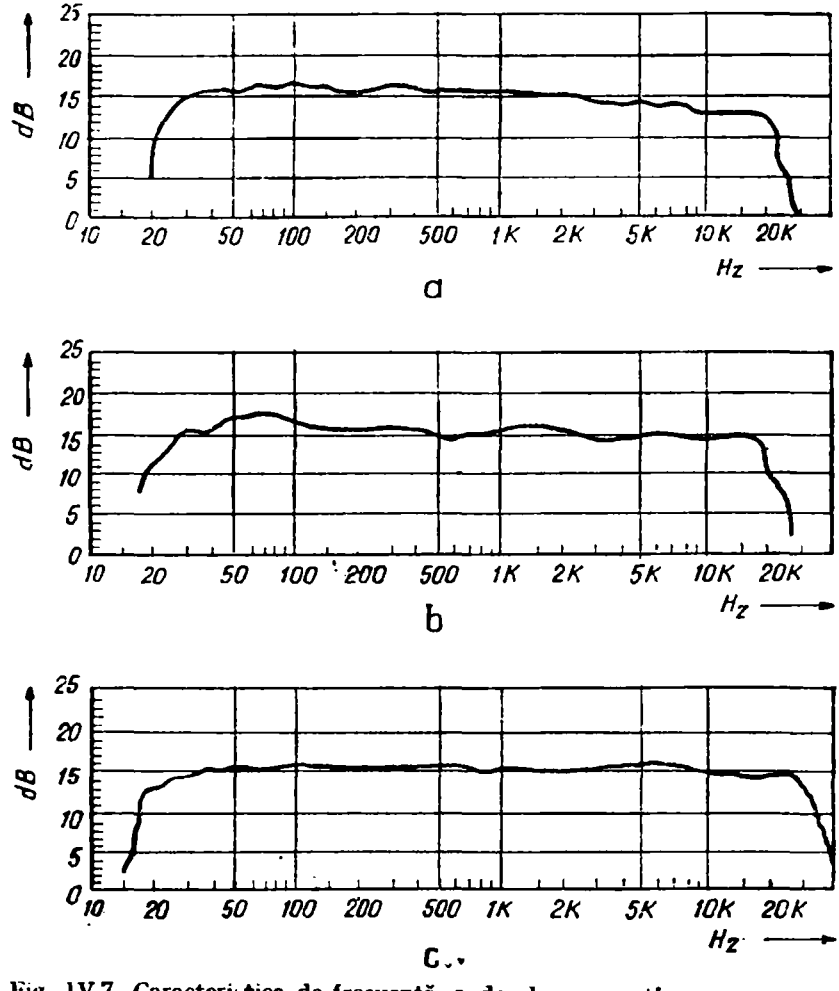


Fig. IV.7. Caracteristica de frecvenţă a dozelor magnetice; *a* — magnetodinamică, *b* — ferodinamică, *c* — cu reluctanţă variabilă.

Masa mică a bobinei duce la scăderea masei echipajului mobil. În felul acesta se obține o bună elasticitate.

Din cauza numărului mic de spire al bobinei, tensiunea de audiofrecvență este foarte mică — de ordinul zecimilor de mV. De aceea este necesară utilizarea unor transformatoare, pentru a se putea realiza conectarea dozei la preamplificator.

În general dozele electrodinamice se folosesc în studiourile profesionale.

Caracteristica de frecvență este între 10...50 000 Hz. Aceasta permite utilizarea dozelor la reproducerea discurilor cuadrofonice.

La dozele electrodinamice se utilizează numai vîrfuri de redare din diamant.

13. DOZELE CONDENSATOR

Dozele condensator se produc în două variante: doze condensator de înaltă frecvență și doze condensator de audiofrecvență.

Noi vom prezenta numai dozele condensator de audiofrecvență care au o mai largă răspîndire.

Doza condensator de audiofrecvență sau doza cu electret are suportul vîrfului de redare realizat dintr-un tub subțire metalic, care constituie armătura mobilă a condensatorului. Acesta se află între două folii de electret perpendiculare, care pe fețele posterioare sînt metalizate. În felul acesta se obțin armăturile fixe (fig. IV.8).

În timpul mișcării vîrfului de redare se modifică capacitatea electrică a sistemului și la bornele armăturilor apare tensiunea de semnal. Nivelul acesteia este foarte mic și nu se poate transmite nici măcar la mică distanță fără a se înrăutăți raportul semnal/zgomot. De aceea, în doză se încorporează preamplificatoare cu circuite integrate capabile să debiteze un semnal de 200 mV la 1 kHz.

În prezent sînt construite doze cu electret care au o caracteristică liniară în banda 10...50 000 Hz, cu o abatere de $\pm$ 1 dB. Raportul semnal/zgomot se apropie de cel al dozelor magnetice și dinamice, avînd însă elasticitatea mult mai bună ca a acestora.

14. CAPETE DE MAGNETOFON ȘI DE CASETOFON

Capetele magnetice utilizate în magnetofoane și casetofoane sînt surse de semnal reversibile. Ele pot înregistra,

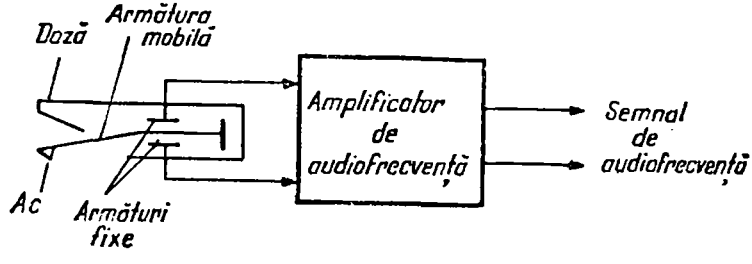


Fig. IV.8. Doza condensator.

pe banda magnetică, fluxul magnetic produs de curentul de audiofrecvenţă pe de o parte, sau pot transforma variaţiile de flux magnetic de pe bandă în semnale de audiofrecvenţă pe de altă parte.

În prezent există o mare varietate de tipuri de capete. Noi vom încerca să facem o clasificare după criteriile de bază.

După *destinaţie* întîlnim patru tipuri de capete:

a) capete de ştergere — folosite pentru ştergerea benzii magnetice.

b) capete de înregistrare — folosite pentru înregistrarea semnalului de audiofrecvenţă pe banda magnetică.

c) capete de redare — care transformă fluxul magnetic înregistrat pe bandă în semnale electrice de audiofrecvenţă.

d) capete combinate — care în funcţie de modul de lucru înregistrare sau redare — pot îndeplini ambele funcţiuni.

După *numărul de piste magnetice*, de înregistrare, respectiv redare, independent de destinaţia capului magnetic, distingem următoarele tipuri:

a) capete cu pistă lată — la care toată lăţimea benzii este supusă procesului de înregistrare (mai puţin folosite la tipurile actuale de magnetofoane şi casetofoane);

b) capete cu o pistă de o jumătate de lăţime, la care magnetizarea benzii se face pe aproximativ jumătate din lăţimea ei.

Prin folosirea acestor tipuri de capete (cele mai des utilizate de firmele producătoare) utilizatorul mai are la dispoziţie încă jumătate din lăţimea benzii.

c) capetele cu două piste de un sfert de lăţime, care permit înregistrarea a două piste pe un sens. Cu astfel de capete are loc magnetizarea benzii în două piste de sfert de lăţime.

După *impedanţa electrică* avem două categorii de capete: capete de impedanţă mare şi capete de impedanţă mică. În prima categorie sînt grupate capetele pentru magnetofoane echipate cu tuburi. La acest tip de aparate, pe lîngă impedanţa mare capetele prezintă şi o inductanţă mare, este cuprinsă între 500...200 mH.

Din a doua categorie fac parte capetele magnetofoanelor şi casetofoanelor realizate cu tranzistoare şi circuite integrate. Acest tip de capete au o inductanţă mică cuprinsă între 150...25 mH.

Capetele de ştergere pot fi de curent continuu sau de curent alternativ.

Impedanţa capetelor de curent alternativ este de ordinul ohmilor sau a zecilor de ohmi.

Calitatea capetelor de magnetofon se descrie cu ajutorul caracteristicilor mecanice şi electrice. Acestea sînt:

Lăţimea întrefierului şi viteza de deplasare a benzii, care determină caracteristica de frecvenţă a semnalelor înregistrate sau redate. Ea poate varia de la un tip de cap la altul şi poate lua valori între 15...50 μm la cele de înregistrare, 2...4 μm la cele de redare şi între 2,5...3 μm la cele combinate.

Rezistenţa la uzură a capetelor, care depinde de materialul folosit la construcţia acestora.

Cele mai utilizate sînt capetele din permalloy întărit care au o durată de utilizare între 5 000...10 000 de ore.

Mai recent, datorită posibilităților tehnologice au fost realizate capete din materiale mai dure. Aceste capete sînt utilizate în general la aparatele Hi-Fi.

Capetele din ferită sînt garantate pentru o perioadă de utilizare între 50 000...80 000 de ore.

O durată de utilizare pînă la 150 000 de ore a capetelor s-a putut ajunge utilizînd miezuri din cristale de ferită cu fibră de sticlă (Gx).

Inductanța capetelor, care depinde de numărul de spire al bobinei și de permeabilitatea miezului și se măsoară în mH.

Capetele cu inductanță mare se pretează la preamplificatoarele de cap realizate cu tuburi electronice (cazul magnetofoanelor din prima generație), iar cele cu inductanță mică la preamplificatoarele tranzistorizate.

Rezistența în curent continuu este dependentă de numărul de spire al bobinei și de inductanța acesteia. În general capetele cu inductanță mare au și o rezistență mare în curent continuu, iar cele cu inductanță mică au o rezistență mai mică.

Capetele de magnetofon ce echipează magnetofoanele moderne realizate cu tranzistoare au rezistența cuprinsă între 500...2 000 Ω.

Capetele de casetofon au valoarea rezistenței cuprinsă între 150...450 Ω.

15. CAPUL DE ȘTERGERE

Din punct de vedere funcțional întîlnim două tipuri de capete: capete de ștergere în curent continuu și capete de ștergere în curent alternativ.

Capetele de ștergere în curent continuu sînt mai puțin utilizate în prezent.

În magnetofoanele și casetofoanele actuale se practică numai ștergerea cu curenți de înaltă frecvență. Curentul necesar pentru excitarea capului de ștergere este de 100...200 mA la magnetofoane și de 60...80 mA la casetofoane. Acest curent este aplicat capului numai în timpul înregistrării. Pe perioada redării, oscilatorul și capul de ștergere sînt deconectate pentru a nu exercita nici o influență asupra benzii magnetice.

Miezul magnetic al capetelor de ștergere cu înaltă frecvență este de formă inelară. Materialul folosit la realizare poate fi: tolă cu 4% siliciu, permalloy, ferită recovac sau cristale de ferită cu fibră de sticlă (Gx). În prezent sînt folosite tole presate compact, peste care se realizează bobinajul corespunzător. Lățimea fantei este mare, iar la unele capete se practică două fante de întrefier.

16. CAPUL DE ÎNREGISTRARE

Capul de înregistrare produce magnetizarea benzii în funcție de semnalul de audiofrecvență.

Forma miezului magnetic ce intră în componența capului de înregistrare poate fi inelară, triunghiulară, poli-

gonală. Circuitul magnetic este întrerupt de către un mic întrefier. Prin dreptul întrefierului trece banda magnetică. În felul acesta liniile cîmpului magnetic, generate de trecerea curentului de audiofrecvenţă prin capul de înregistrare, se vor închide prin banda magnetică. În stratul magnetic al benzii în mişcare se produce o magnetizare a cărei forţă remanentă este proporţională cu variaţiile curentului de audiofrecvenţă.

În timpul înregistrării se face o premagnetizare în curent alternativ a capului de înregistrare. Această premagnetizare are scopul de a obţine o relaţie cît mai liniară între intensitatea cîmpului magnetic şi curentul de audiofrecvenţă. Frecvenţa curentului de premagnetizare este de 50...120 kHz, în cazul magnetofoanelor uzuale, şi de 200 kHz în cazul magnetofoanelor Hi-Fi.

Utilizîndu-se premagnetizarea de înaltă frecvenţă se obţin distorsiuni minime, însă ameliorarea atenuării de frecvenţă a efectului întrefierului se poate face numai prin micşorarea lăţimii întrefierului, adică prin concentrarea puternică a liniilor de cîmp.

După o utilizare îndelungată apare o uzură a capului ce duce la micşorarea secţiunii miezului şi la micşorarea fluxului. Datorită uzurii se produce şi o lăţire a întrefierului care duce la scăderea nivelului semnalului la frecvenţe înalte.

Inductanţa capetelor de înregistrare împreună cu capacitatea parazită a înfăşurării formează un circuit oscilant a cărui frecvenţă de rezonanţă trebuie să se găsească peste frecvenţele maxime din banda audio. De aceea inductanţa capetelor moderne este aleasă între 5...50 mH.

Din cauza intensităţii mici a curentului din înfăşurările capului de înregistrare, în comparaţie cu cei ce se pot induce datorită influenţei cîmpurilor magnetice exterioare, capetele sînt protejate printr-o carcasă de permalloy.

Prinderea capului de înregistrare se realizează cu ajutorul unei plăcuţe de susţinere cu resort şi şurub de reglaj. Cu acest sistem se permite reglarea poziţiei capului şi a unghiului de înclinare a întrefierului.

17. CAPUL DE REDARE

Cu ajutorul capului de redare, magnetismul remanent de pe bandă va fi transformat într-o tensiune de audiofrecvenţă.

Deoarece cîmpul magnetic remanent de pe banda magnetică are intensitate mică, este necesară folosirea unor materiale magnetice cu permeabilitate cît mai mare şi cu pierderi cît mai mici.

Tensiunea de audiofrecvenţă ce se culege la bornele capului de redare are un nivel scăzut. De aceea este necesară utilizarea unor preamplificatoare.

Capetele de redare au o sensibilitate ridicată. Pentru a se evita influenţa cîmpurilor magnetice exterioare, capetele de redare se ecranează în două blindaje din permalloy.

După o lungă utilizare se produce o magnetizare permanentă care duce la creşterea semnificativă a zgomo-

tului de fond. Înlăturarea magnetizării permanente a capului se face cu demagnetizoare realizate de fabrică (sau cu mijloace de amator).

Capetele moderne destinate amplificatoarelor cu semiconductori au inductanța între 15...100 mH.

Prinderea este asemănătoare cu cea de la capetele de înregistrare.

18. CAPUL COMBINAT

Capul combinat îndeplinește atît funcțiunile capului de înregistrare, cît și a celui de redare. El trebuie să îndeplinească pe de o parte cerințele impuse capului de înregistrare (inductanță mică, concentrarea cît mai îngustă a liniilor de cîmp ce ies din întrefier, minimizarea efectului de întrefier), iar pe de altă parte cerințele impuse capului de redare (lărgimea cît mai mică a întrefierului, sensibilitate cît mai mare și capacitatea de protecție cît mai bună față de cîmpurile magnetice și electrice parazitare).

Acest tip de cap este utilizat la magnetofoanele și casetofoanele de uz comun și la cele Hi-Fi mai simple. El trebuie protejat față de cîmpurile magnetice și electrice de dispersie, care pot apare în magnetofon sau casetofon. Ecranarea se face prin montarea acestuia într-un blindaj de permalloy.

Datorită răspîndirii mari a magnetofoanelor și în special a casetofoanelor, considerăm util a prezenta cititorilor modul de reglare a capetelor. Reglajul se efectuează numai la capetele de înregistrare, de redare și combinate. Capetele de ștergere nu necesită reglaje.

În general capetele sînt fixate pe plăcuțe metalice de formă triunghiulară sau dreptunghiulară. Aceste plăcuțe sînt susținute de două, trei sau patru șuruburi.

De regulă fixarea cu două șuruburi se practică la capetele din casetofoane. Aici plăcuța se fixează într-o parte cu șurub pe o șaibă metalică de o grosime corespunzătoare, iar în cealaltă parte se așază un resort elastic (arc spiral) cu un șurub. Cu ajutorul acestui sistem se poate regla unghiul de înclinare al întrefierului.

Fixarea cu trei șuruburi este întîlnită la magnetofoanele cu role și la cele Hi-Fi. Fiecare șurub este prevăzut cu un resort elastic. În felul acesta este posibil reglajul înălțimii întrefierului cît și corectarea unghiului de înclinare a acestuia.

La fixarea cu patru șuruburi, două sînt folosite pentru stabilirea înălțimii întrefierului (nu au arcuri spirale), iar celelalte două sînt folosite pentru reglarea unghiului de înclinare al întrefierului.

Pentru a putea efectua un reglaj corect avem nevoie de o bandă de măsură DIN, corespunzătoare vitezei de deplasare a benzii. În cazul în care nu dispunem de o asemenea bandă, putem folosi una din benzile proprii, la care înregistrarea să aibă o dinamică bună.

În prima etapă se reglează capul de redare. La început se reglează înălțimea întrefierului. Înălțimea capului de redare se stabilește astfel încît acesta să depășească marginea supe-

rioară a benzii cu 0,2 mm la capul de o pistă de jumătate de lățime, și cu 0,1 mm la capul de patru piste de un sfert de lățime. După reglarea înălțimii întrefierului se trece la reglarea unghiului de înclinare al acestuia.

Stabilirea poziției corecte a unghiului de înclinare se face prin rotirea șuruburilor de reglaj, astfel încît la 1 kHz cît și la 10 kHz nivelul semnalului de ieșire să fie maxim. Nivelul maxim, se poate urmări cu ajutorul unui voltmetru electronic de audiofrecvență.

După reglarea poziției capului de redare, urmează reglarea capului de înregistrare. Reglarea înălțimii întrefierului se face la fel ca la capul de redare.

Pentru a putea regla unghiul de înclinare al întrefierului avem nevoie de un generator și un voltmetru electronic de audiofrecvență. Din generator se fixează un semnal de 1 kHz care se aplică la intrarea magnetofonului. Cu ajutorul șuruburilor de reglaj se urmărește ca la ieșire să se obțină un nivel maxim (aparatul este conectat pe poziția de înregistrare). Operația se repetă pentru frecvențele de 5 kHz și 10 kHz. Dacă nivelul este același pentru cele trei frecvențe, atunci unghiul de înclinare este optim.

După efectuarea reglajelor, capetele șuruburilor de prindere și de reglaj se vor vopsi cu nitrolac pentru a se evita posibilitatea deșurubării accidentale.

Reglarea capetelor combinate se face asemănător cu cele de redare. Odată reglat capul pe poziția de redare, reglajul pe modul de înregistrare nu mai este necesar (cazul capetelor utilizate în casetofoane).

19. DIFUZORUL

Difuzorul este veriga cea mai slabă din lanțul de transmisie. El are rolul de a transforma tensiunea de audiofrecvență provenită de la sursa de semnal în semnale acustice audibile.

Caracteristici calitative generale

Datele tehnice ce caracterizează un difuzor sînt:

— *Puterea maximă aplicabilă cu semnale sinusoidale* (exprimată în wați) reprezintă puterea semnalelor sinusoidale care se pot aplica difuzorului pe impedanța sa fără ca acesta să se deterioreze în vreun fel.

— *Puterea maximă aplicabilă cu semnale muzicale* (exprimată în wați) reprezintă puterea semnalelor muzicale ce se poate aplica difuzorului pe impedanța sa caracteristică fără ca acesta să se deterioreze.

— *Impedanța de sarcină* (exprimată numeric în ohmi) reprezintă impedanța de intrare a difuzorului pe care debitează puterea de audiofrecvență etajul final de putere. Pentru un transfer maxim de putere e necesar ca impedanța de sarcină să fie egală cu impedanța de ieșire a amplificatorului de putere.

— *Caracteristica de frecvență* reprezintă banda de frecvență pe care o poate radia sistemul (difuzorul).

— *Frecvența de rezonanță* este o calitate proprie a difuzorului, căreia îi corespunde un semnal acustic de

perioadă egală și fază egală, dar cu intensitate mult slăbită. Cu cît frecvența de rezonanță este mai mică cu atît difuzorul este mai bun.

Randamentul difuzorului este raportul dintre puterea acustică radiată P_a și puterea electrică reală aplicată P_e:

$$n = \frac{P_a}{P_e}$$

În general randamentul este o mărime care nu se măsoară, deoarece aceasta se face cu multă greutate.

Randamentul difuzoarelor cu radiație directă poate să fie cel mult 8...10%. Randamentul difuzoarelor cu pîlnie poate ajunge pînă la 25...30%.

Caracteristica de directivitate — este imaginea repartiției procentuale a energiei radiate de difuzor. Energia maximă este radiată axial. Cu cît frecvența este mai mare cu atît energia radiată lateral scade.

Cele mai răspîndite difuzoare sînt cele electrodinamice.

Magnetul permanent de formă inelară al difuzorului este executat dintr-un aliaj pe bază de nichel, cobalt etc. El generează un cîmp magnetic constant. Într-un întrefier de formă inelară se află o bobină mobilă solidară cu membrana. La trecerea unui curent de audiofrecvență, cîmpul magnetic creat de bobina mobilă va interacționa cu cîmpul magnetic permanent dat de magnetul permanent. Va apare o mișcare axială înainte-înapoi a bobinei, în funcție de polaritatea tensiunii de audiofrecvență aplicată. O dată cu mișcarea bobinei se produce și mișcarea membranei. În acest fel se creează unde acustice în ritmul mișcării membranei și deci a semnalului de audiofrecvență aplicat. Se obține astfel transformarea semnalelor electrice de audiofrecvență în oscilații mecanice acustice.

În funcție de banda de frecvențe reprodusă întîlnim: difuzoare pentru frecvențe joase, difuzoare pentru frecvențe medii și difuzoare pentru frecvențe înalte.

Difuzoarele pentru frecvențe joase redau în general frecvențele cuprinse între 20 ... 25 Hz și 150 ... 200 Hz. Ele trebuie să aibă o membrană ușoară, cu un diametru și o suprafață mare pentru a putea radia puteri mari cu un randament bun.

Diametrul difuzoarelor utilizate în acest domeniu de frecvențe este cuprins între 200...250 mm, putînd ajunge pînă la 500 mm.

Frecvența de rezonanță deși ar trebui să fie sub 20 Hz este în general cuprinsă între 25 ... 40 Hz.

Impedanța difuzoarelor este de 4,8Ω și . 15Ω. Puterea aplicată poate fi cuprinsă între 10 ... 100 W.

Difuzoarele pentru frecvențe medii trebuie să redea cît mai liniar banda frecvențelor cuprinse între 300 ...5 000 Hz cu distorsiuni neliniare cît mai mici. Ele au diametrul membranei cuprins între 150 ... 200 mm.

De regulă impedanța este de 4,8Ω sau 15Ω. Puterile sînt cuprinse între 5 ... 25 W.

Difuzoarele destinate reproducerii frecvențelor înalte au membrana confecționată din celuloză impregnată (presată) masă plastică sau din folie de aluminiu presat. Frecvența de rezonanță este destul de ridicată. Ea

trebuie să fie de două ori mai mică faţă de frecvenţa cea mai joasă din banda de frecvenţă transmisă.

Difuzoarele cu membrană pîlnie din celuloză presată au banda de frecvenţe reprodusă cuprinsă între 5 kHz... ... 12 kHz cu o abatere de ±3 dB. Puterea este de 1 ... 5 W.

Pentru reproducerea frecvenţelor mai înalte sînt folosite difuzoarele cu membrană pîlnie din mase plastice. La acestea banda de frecvenţe reprodusă este cuprinsă între 8 kHz şi 16 kHz, cu o abatere de ±1 dB.

Difuzoarele cu membrană calotă sferică din mase plastice sînt des utilizate la echiparea radiocasetofoanelor. Ele pot reproduce liniar frecvenţe între 10 kHz şi 20 kHz, puterea aplicabilă fiind în jurul 1 ... 5 W.

De o largă răpîndire se bucură difuzoarele de bandă largă. Acestea sînt folosite în televizoare, radioreceptoare, magnetofoane, casetofoane etc. Ele pot reproduce frecvenţe între 40... 16 000 Hz, cu o abatere de ±4 dB. Puterea radiată este în general 5 ... 8 W (la puteri mai mari cresc considerabil distorsiunile).

20. CĂŞTI ACUSTICE

Căştile acustice sînt utilizate în tehnica sunetului şi în general sînt de calitate Hi-Fi. Ele permit o redare mai fidelă a programului sonor în comparaţie cu incintele acustice (boxe). Aceasta deoarece influenţa spaţiului înconjurător are o mai mică influenţă asupra undelor sonore (nu mai apar reflexii, reverberaţii, absorbţii ca la boxe).

Căştile se pot împărţi, după tipul constructiv:

— căşti dinamice, cu membrană de celuloză,

— căşti dinamice, cu membrană din mase plastice,

— căşti electrostatice,

— căşti metalice cu membrană metalică,

— cască dinamică telefonică.

În tehnica sunetului, pentru o redare de bandă largă sînt utilizate numai căşti dinamice cu membrană de celuloză, restul tipurilor se utilizează în diferite domenii din telecomunicaţii.

Căştile dinamice cu membrană de celuloză sînt construite din două difuzoare dinamice de dimensiuni reduse ce sînt montate în incinte acustice, corespunzătoare, redării de bandă largă. Impedanţa căştilor poate fi între 8...150 Ω.

21. INCINTE ACUSTICE

Incintele acustice sau boxele sînt ultimele elemente din componenţa unui lanţ electroacustic. Ele se pot clasifica în: incinte închise, incinte acustice cu deschidere şi labirinte acustice. Cele mai răspîndite sînt circuitele acustice închise. În funcţie de utilizare, acestea sînt echipate cu difuzoare de bandă largă, fie cu un sistem multicăi, format din difuzoare diferite de joase, medii şi înalte.

Problema cea mai importantă care se pune la proiectarea unei incinte acustice este găsirea unui raport convenabil între dimensiunile difuzorului, folosit pentru redarea frecvențelor joase și volumul incintei închise. Ambele elemente duc la modificarea frecvenței proprii de rezonanță a difuzorului, în general la creșterea acesteia. Cu cît volumul incintei este mai mare și aria efectivă a membranei este mai mică, cu atît modificarea frecvenței de rezonanță va fi mai mică. Situația cea mai defavorabilă este cînd avem montat un difuzor mare, într-o incintă de volum mic.

Cu privire la modificarea frecvenței de rezonanță merită să prezentăm cîteva exemple. Dacă montăm un difuzor, cu diametrul membranei de 150 mm și frecvența de rezonanță de 80 Hz, într-o incintă acustică închisă de 6 litri, frecvența de rezonanță se modifică la 75 Hz. Dacă diametrul este de 300 mm și frecvența de rezonanță de 18 Hz, iar volumul incintei este de 50 litri, frecvența de rezonanță se modifică la 45 Hz.

Din exemplele date mai sus rezultă, că dacă se mărește volumul incintei, modificarea frecvenței de rezonanță este mai mică și se îmbunătățesc caracteristicile la frecvențele joase.

Este bine de reținut că dacă vom monta un difuzor de calitate cu frecvența de rezonanță mică într-o incintă închisă, creșterea frecvenței de rezonanță se face cu o valoare mai mare decît în cazul montării unui difuzor cu frecvența de rezonanță mai mare. De aici concluzia că o incintă acustică închisă reduce cu mult mai mult performanțele la frecvențe joase, ale unui difuzor de bună calitate, decît ale unui difuzor de calitate mai slabă (cu frecvența de rezonanță mai mare).

Incintele acustice închise sînt, în prezent, cele mai răspîndite, datorită ușurinței construcției.

În general ele au forma din fig. IV.9.

O măsură importantă este aceea de a realiza pereții laterali ai incintei din material rigid și de grosime suficientă, pentru a se înlătura posibilitatea apariției unor oscilații sau vibrații mecanice nedorite. Acestea pot apărea datorită presiunii aerului din interior, care se exercită pe pereții acestei. Pereții pot intra în oscilație pe anumite frecvențe. Aceste frecvențe depind de masa și elasticitatea materialului din care este confecționată incinta. Ele pot influența negativ caracteristicile de reproducere ale incintei. Prin utilizarea, la confecționarea incintelor, a plăcilor de lemn, de grosime corespunzătoare, întărite la îmbinări cu șipci de lemn, se obține o reducere suficientă a vibrațiilor pereților incintelor acustice.

Apariția undelor staționare este un fenomen nedorit care determină maxime și minime ale intensității sonore, deci o redare neliniară. Ele apar la frecvențele la care distanța dintre pereții laterali, paraleli ai incintei, sînt egali cu un multiplu întreg de jumătăți de lungimi de undă. Pentru înlăturarea acestora, se procedează la amortizarea acustică a pereților interiori cu un strat gros de 40 ... 50 mm de vată sau material spongios, care are rolul de absorbant acustic.

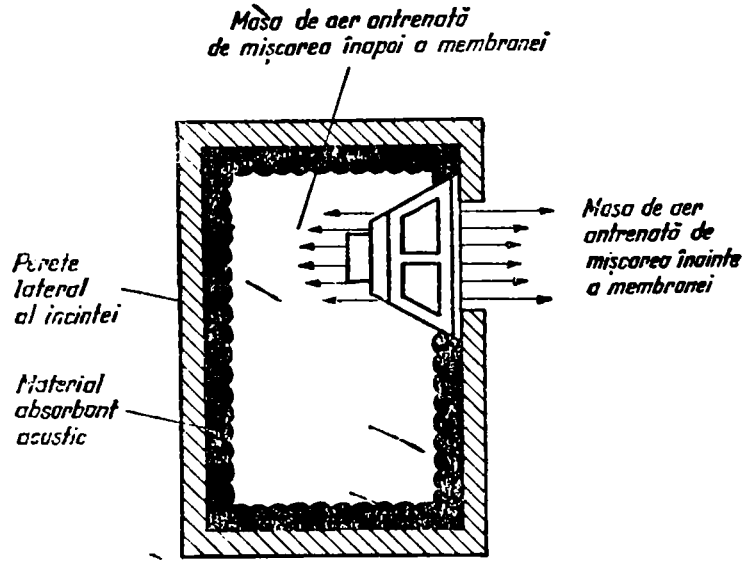


Fig. IV.9. Incintă acustică închisă.

O dată cu amortizarea acustică a pereţilor interiori are loc şi o absorbţie a energiei sonore pe care o produce membrana în mişcarea ei în „spate". Din această cauză, randamentul va scădea la jumătate şi o dată cu aceasta va scădea şi puterea acustică radiată. Cu toate acestea, incintele acustice închise au o foarte mare răspîndire.

Incintele acustice cu deschidere se obţin prin practicarea, de regulă, a unei deschideri de dimensiuni stabilite. În felul acesta aerul din interiorul incintei, prin deschiderea practicată, este în legătură cu aerul din exteriorul incintei, obţinîndu-se un sistem acustic oscilant a cărei frecvenţă de rezonanţă nu depinde de dimensiunile difuzorului, ci numai de volumul incintei acustice.

Frecvenţa de rezonanţă a incintei cu deschidere este stabilită de masa de aer, aflată în deschiderea respectivă şi de elasticitatea acului închis în incintă. Ea este cu atît mai mică cu cît volumul incintei este mai mare.

Cele mai răspîndite incinte acustice cu deschidere sînt aşa numitele incinte „bass-reflex". Prin practicarea deschiderii reflex, presiunea aerului din incintă ce se formează la deplasarea în „spate" a membranei nu mai este absorbită de către pereţii incintei, ci este eliberată spre exterior.

Sistemul difuzor-incintă are două frecvenţe de rezonanţă. Una este proprie incintei acustice, iar a doua este proprie difuzorului. Prin construcţie se urmăreşte cuplarea celor două frecvenţe, comportarea sistemului fiind asemănătoare cu cea a unui filtru de bandă cu două circuite oscilante.

Dimensionarea incintei se face de o asemenea manieră, ca frecvenţa de rezonanţă proprie a difuzorului să fie

egală cu frecvența de rezonanță a incintei.

Pentru dimensionare este suficientă cunoașterea frecvenței proprii de rezonanță și diametrul membranei difuzorului. În funcție de diametrul membranei rezultă volumul incintei, iar de valoarea frecvenței de rezonanță depind dimensiunile deschiderii.

Deoarece frecvența de rezonanță a incintei depinde, atît de dimensiunile deschiderii, cît și de volum, se pot realiza, prin alegerea corespunzătoare a acestora, incinte acustice de volum redus, cu frecvențe de rezonanțe mici, acesta fiind principalul avantaj al incintelor acustice „bass-reflex".

Labirintele acustice au o utilizare sporadică, deoarece ele nu permit realizarea sistemelor multicăi și necesită lucrări de reglaj și punere la punct, care la incintele închise nu se efectuează. Ele se obțin prin montarea în spatele difuzorului a unui tub lung, a cărui lungime trebuie să fie mai mare ca sfertul lungimii de undă corespunzătoare frecvenței celei mai joase ce dorim s-o reproducem. Tubul este căptușit în interior cu material absorbant acustic pentru a se obține o bună amortizare într-o bandă relativ largă în jurul frecvenței de rezonanță. În felul acesta se reduc distorsiunile și vibrațiile nedorite din jurul frecvenței de rezonanță și se îmbunătățește caracteristica tranzitorie.

În realitate, în locul tubului se folosește o incintă acustică, astfel împărțită încît să realizeze funcțiile acestuia, deschiderea fiind practicată în partea diametral opusă a incintei. După forma

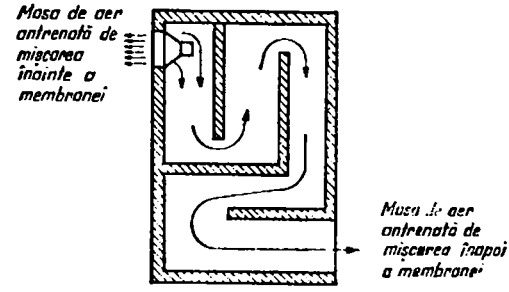


Fig. IV.10. Labirint acustic.

secțiunii, incinta poartă numele de labirint (fig. IV.10).

Aria secțiunii labirintului trebuie să fie cel puțin 70% din suprafața membranei difuzorului.

Labirintele acustice au în general un randament scăzut, implicînd utilizarea unor amplificatoare de putere mai mare. *(M.S.)*

22. CIRCUIT DE PROTECȚIE A INCINTEI ACUSTICE

Un amplificator de audiofrecvență cu alimentare simetrică oferă performanțe foarte bune în ceea ce privește banda de frecvență, distorsiunile și puterea de transmisie. La acest tip de amplificator de putere, incinta acustică este conectată direct din punct de vedere galvanic, fapt care elimină dezavantajele unui cuplaj prin intermediul unui condensator electrolitic de capacitate foarte mare. Totuși, această variantă prezintă dezavantajul că, dacă apare datorită unei defecțiuni o componentă de curent continuu prin grupul de difuzoare, aceasta le va distruge mai mult sau mai puțin rapid. Defectul apare mai ales cînd, datorită solicitărilor mari ale amplificatorului, se poate

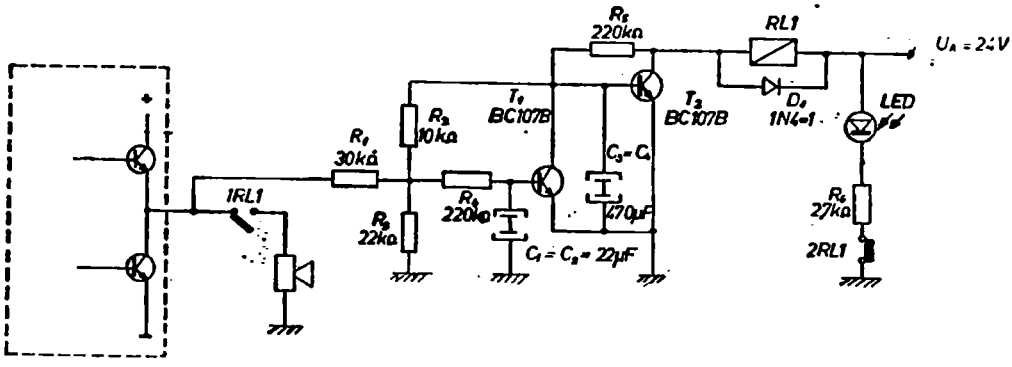


Fig. IV.11. Schema electrică a circuitelor de protecţie al incinteior acustice.

scurtcircuita una din joncţiunile tranzistoarelor finale de putere.

Montajul prezentat în figura IV.11 asigură protecţia rapidă şi eficientă a incintei. În cazul unei funcţionări normale, tranzistorul T_1 este blocat, tranzistorul T_2 este saturat, releul *RL1* este anclanşat şi incinta acustică este conectată la amplificator prin contactul normal deschis *LRL1*. În cazul regimului de avarie pot apărea două situaţii. Cînd polaritatea componentei continue este pozitivă, tranzistorul T_1 se satureză deoarece grupul de condensatoare C_1C_2 se încarcă cu o tensiune continuă pozitivă prin intermediul rezistorului R_4. Imediat tranzistorul T_2 se blochează, releul *RL1* va fi dezanclanşat, iar contactul normal deschis *1RL1* deconectează incinta. În acelaşi timp contactul normal închis *2RL1* se închide şi ledul alimentat prin intermediul rezistorului R_6 se luminează, indicînd regimul de avarie.

Atunci cînd polaritatea componentei continue este negativă, tranzistorul T_2 se blochează deoarece grupul de condensatoare C_3C_4 se descarcă prin intermediul rezistorului R_2 şi baza tranzistorului T_2 primeşte un potenţial apropiat de cel al masei. Releul *RL1* va fi dezanclanşat şi, deci, incinta va fi şi de această dată deconectată.

Se menţionează că valorile componentelor au fost astfel alese încît schema să funcţioneze şi pentru semnale audio de frecvenţă foarte joasă (sub 5 Hz), care sînt nedorite în cazul unui lanţ electroacustic. Funcţionarea schemei este similară pentru semialternanţele pozitive sau negative, care declanşează releul în aceeaşi manieră ca şi în cazul componentelor de curent continuu. În cazul în care releul *RL1* necesită un curent mare, se va folosi în locul tranzistorului T_2 un dublet Darlington, care să asigure o funcţionare corespunzătoare a montajului *(E.M.)*

23. SFATURI PENTRU ÎNTREŢINEREA TRANSDUCTOARELOR ELECTROACUSTICE

Întreţinerea dozelor de picup

Cea mai mare parte a dozelor sînt sensibile la influenţa perturbaţiilor externe.

Dozele cu cristal sînt sensibile la variațiile de temperatură și umiditate ridicată a mediului, dozele magnetice sînt influențate de cîmpurile magnetice exterioare. De aceea la amplasarea picupului se va ține cont de toți factorii ce pot perturba buna funcționare a acestuia.

Partea cea mai sensibilă a dozei este vîrful de redare. De starea de uzură și de curățenia acestuia depinde calitatea semnalului redat.

Pentru verificarea stării de uzură și a curățeniei vîrfului de redare avem nevoie de cîteva ustensile. Acestea sînt: o lupă care mărește de 25...50 ori, o pensulă foarte moale (eventual o pensulă din coadă de veveriță).

Periodic se va face verificarea stării de curățenie a vîrfului și dacă este necesar se va face curățirea lui. În cazul curățirii uscate cu pensula, se vor efectua mișcări longitudinale, îndepărtîndu-se astfel depunerile de pe vîrf.

Pentru a avea o evidență a duratei de folosire a acului se vor număra fețele de disc redate. Durata redării unei fețe de disc mare este de aproximativ 25 minute, iar a unei fețe de disc mic de 4,5 minute. Evidența duratei de utilizare a vîrfului este importantă pentru stabilirea obiectivă a momentului schimbării vîrfului de redare.

Întreținerea capetelor magnetice

După un anumit număr de ore de funcționare, pe capetele magnetice se depune oxid de fier. Aceste depuneri duc la scăderea calității audiției care se manifestă prin „tăierea" frecvențelor înalte. Înlăturarea depunerilor de oxid de fier se face cu un tampon de vată rulat pe un bastonaș din lemn sau material plastic (se poate folosi un băț de chibrit fără fosfor sau o scobitoare) înmuiat în alcool etilic. Operația de ștergere se efectuează de mai multe ori pînă cînd pe tamponul de vată nu mai rămîne oxid de fier.

Operația de curățire se efectuează periodic, durata dintre operații depinzînd de calitatea benzilor utilizate și de numărul orelor de funcționare.

Dacă nu dispunem de soluții special destinate curățirii capetelor magnetice, putem folosi și spirt medicinal. După curățire, se va șterge capul magnetic cu o cîrpă moale *pentru înlăturarea* substanțelor chimice ce intră în componența acestuia.

După o folosire mai îndelungată, datorită cîmpului magnetic de pe bandă, se produce o magnetizare a elementelor din metal (capul de înregistrare, de redare etc.), care vin în contact cu banda.

O magnetizare permanentă a capului de redare duce la creșterea semnificativă a zgomotului de fond.

Pentru înlăturarea cîmpului magnetic se folosește un aparat special construit în acest scop — demagnetizorul.

La apariția magnetizării permanente contribuie și utilizarea în apropierea capului de redare a unor scule magnetice, cu ocazia lucrărilor de întreținere și reglare. *(M.S.)*

PREAMPLIFICATOARE

1. PREAMPLIFICATOR PENTRU DOZĂ CU CRISTAL (PIEZOELECTRICĂ)

Preamplificatorul prezentat în figura V.1 a fost conceput în aşa fel ca să ofere performanţe superioare în ceea ce priveşte calitatea semnalului amplificat, distorsiunile, raportul semnal-zgomot etc. Impedanţa la intrare este de cca 600 kΩ, valoare care optimizează funcţionarea unei doze piezoelectrice din punct de vedere al adaptării de impedanţe. Grupul de tranzistoare T_1T_2 realizează un dublet a cărui amplificare finală este de circa 30. Pentru adaptarea preamplificatorului la etajul corector de ton s-a prevăzut tranzistorul T_3, care este montat într-un etaj tip repetor pe emitor. Preamplificatorul se poate utiliza foarte bine şi pentru amplificarea unui semnal electric furnizat de un microfon cu cristal.

Alimentarea preamplificatorului se va face de la o sursă de tensiune stabilizată şi bine filtrată.

Se recomandă ecranarea montajului cît şi a cablurilor pentru conexiuni *(E.M.)*

2. PREAMPLIFICATOR PENTRU DOZĂ CERAMICĂ

Se cunoaşte faptul că cele mai bune rezultate obţinute la redarea discurilor sînt în exclusivitate ale picupurilor echipate cu doze electromagnetice. Totuşi, unele firme mai produc picupuri

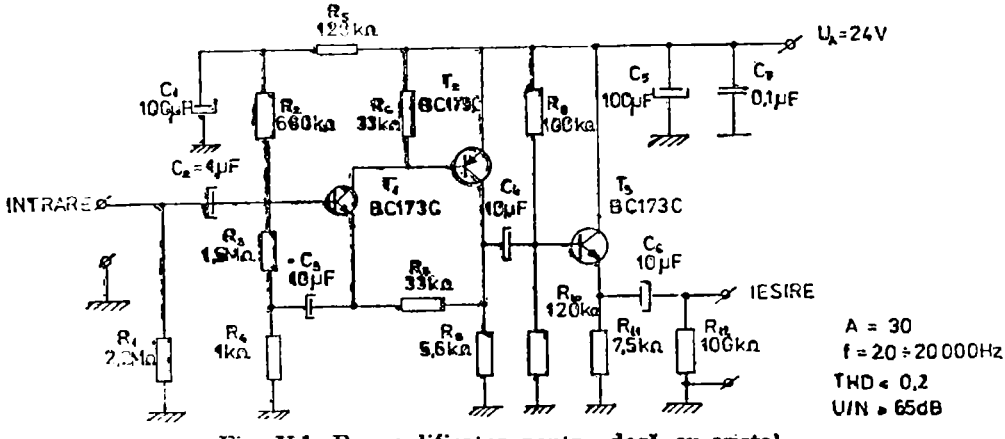


Fig. V.1. Preamplificator pentru doză cu cristal.

echipate cu doze ceramice care, folosind un echipament electronic adecvat, permit obținerea unor rezultate bune în privința programului sonor redat. Cerințele unui preamplificator pentru doză ceramică sînt următoarele:

— realizarea schemei electrice în așa fel încît răspunsul în ceea ce privește frecvențele joase să nu depindă de impedanța de ieșire a dozei (în special de capacitatea ei intrinsecă).

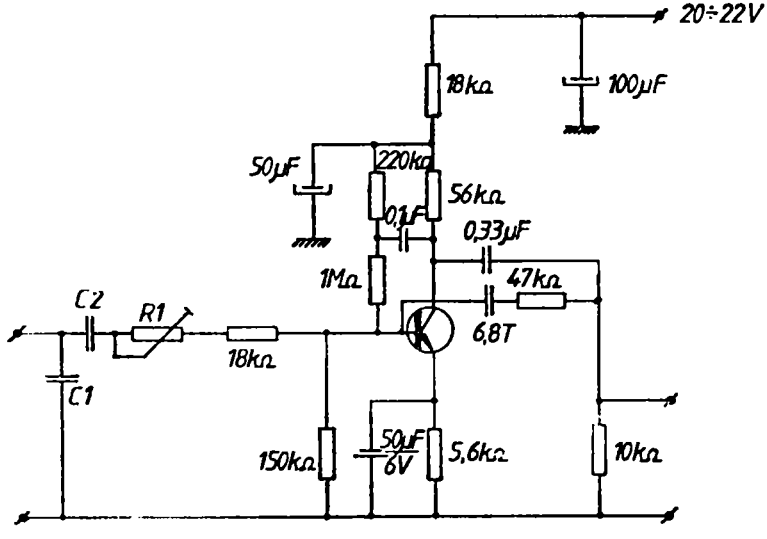
— posibilități de corecție în privința egalizării mecanice și eliminarea rezonanțelor parazite.

— prezența corecției de frecvență de tip RIAA.

— zgomot redus și distorsiuni minime.

— adaptarea impedanțelor doză-preamplificator-corector de ton.

Schema electrică a preamplificatorului prezentat în figura V.2 conține compensări și reacții astfel alese încît cerințele prezentate anterior sînt îndeplinite. Grupul $C_1C_2R_1$ se alege în funcție de tipul dozei utilizate, conform tabelului. Buclele de reacție *RC* din colectorul și emitorul tranzistorului T_1 au rolul de a reduce efectul RUMBLE și de a imprima preamplificatorului caracteristica de ieșire conform normei RIAA. Pentru alimen-



Tipul dozei	C1	C2	R1	Obs.
DECCA DERAM GOLDRING CS90	3,3nf	0,1μF	18÷20kΩ 56kΩ	ieșire joasă
GOLDRING CS90 SONOTONE STA-HC	3,3nf	0,1μF	56kΩ 22kΩ	ieșire medie (răspuns)
CONNOISEUR SCU1	3,3nf	0,1μF	0	răspuns mediu
BSR SCSM Acos GP94/1 Garrard KS40A	10nf	6,8nf	22-56kΩ	răspuns înalt

Fig. V.2. Preamplificator pentru doză ceramică.

tarea montajului se utilizează o sursă de alimentare stabilizată și bine filtrată. La realizarea practică se ține cont de grupul de cerințe pe care trebuie să le îndeplinească acest tip de montaj (trasee de masă groase, lipsa buclei de masă, trasee cît mai scurte etc.). *(E.M.)*

3. PREAMPLIFICATOARE PENTRU DOZE ELECTRODINAMICE

Redarea de cea mai bună calitate a discurilor fonografice se face cu dozele magnetice. Din categoria dozelor magnetice cele mai răspîndite sînt dozele electrodinamice. Avînd în vedere sensibilitatea deosebită a acestora, o problemă dificilă care apare la preamplificatoarele dozelor magnetice este aceea a zgomotului. Realizarea preamplificatoarelor pentru doze magnetice se face cu particularități specifice.

Semnalul electric pe care-l furnizează doza magnetică este în medie de 150 μV. La amplificarea unor astfel de semnale se impune ca tensiunea echivalentă de zgomot a primului etaj de amplificare să fie sub cîțiva μV. În asemenea condiții, pentru obținerea unei calități deosebite a redării nu se poate ataca direct preamplificatorul corector RIAA. Este necesar a se introduce un preamplificator de zgomot foarte mic pentru doza magnetică.

În figura V.3 prezentăm schema unui preamplificator pentru doze magnetice cu tranzistorul BC 109C sau BC 413C. Pentru obținerea unei rezistențe echivalente de valoare mică, la intrarea preamplificatorului s-a adoptat montajul în conexiune *BC*. Pentru evitarea tensiunilor de zgomot parazite s-a prevăzut introducerea unor grupuri *RC* de filtraj. Amplificarea este de circa 25 ori; raportul semnal/zgomot depinde de tranzistor, dar nu depășește —55 dB.

Preamplificatorul prezentat în figura V.4 are performanțe deosebite: amplificarea de tensiune 34 dB; banda de frecvențe 20 Hz ... 50 kHz (la —2 dB); zgomot —68 dB; distorsiuni neliniare 0,017%; distorsiuni de inter-

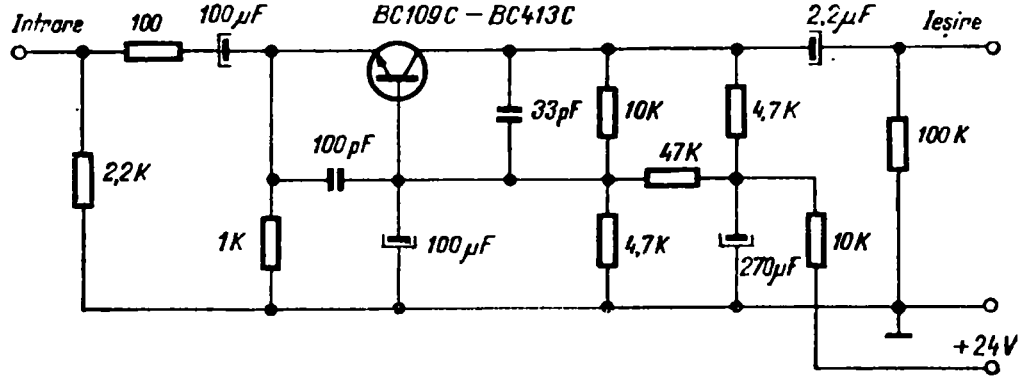


Fig. V.3. Preamplificator pentru doză electrodinamică.

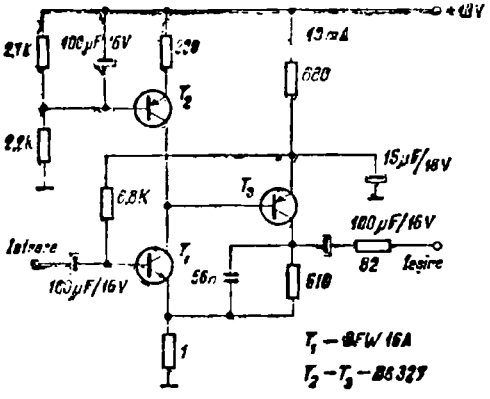


Fig. V.4. Preamplificator de înaltă calitate pentru doză electrodinamică.

modulație 0,05%; rezistența de ieșire 100 ohmi; nivelul maxim de intrare fără distorsionare 4 mV. Primul etaj este prevăzut cu tranzistorul BFW 16 A. Se știe că în montaj *EC* zgomotul produs de tranzistor depinde de mărimea rezistenței intrinseci $r_{bb'}$. Cu cît aceasta va fi mai mică cu atît zgomotul va fi mai redus. Tranzistorul BFW 16 A este destinat amplificatoarelor de antenă TV și are $r_{bb'}$ foarte mic. Aceasta a fost rațiunea pentru care a fost ales în primul etaj din preamplificator. Sarcina din colector este alcătuită dintr-un generator de curent cu tranzistorul T_3. Semnalul de ieșire se culege din colectorul tranzistorului T_3 în montaj *EC*. Pentru o bună stabilitate a preamplificatorului s-au prevăzut bucle de reacție negativă în *cc*.

Recomandări constructive și reglaje. Montajele se execută pe cablaj imprimat. La proiectarea circuitelor imprimate se va ține seamă de traseele de masă, evitîndu-se buclele de masă. Rezistoarele din circuitele de intrare vor fi cu peliculă metalică. Capacitoarele electrolitice vor fi sortate după curentul de fugă, alegîndu-se cele cu valoarea cea mai mică a acestuia. Dacă componentele au fost verificate și corect montate, preamplificatoarele vor funcționa corect. Montajul preamplificatorului se introduce într-o cutie metalică (din tablă de conserve) și se fixează prin cositorirea traseului de masă pe pereții interiori ai cutiei.

Pentru obținerea unor rezultate bune, avînd în vedere și faptul că dozele magnetice nu sînt ieftine, o atenție deosebită trebuie s-o acordăm interconectării dintre doză, preamplificator și corectorul RIAA. Dacă traseele de masă nu sînt corect conectate, nu vom obține o funcționare corectă a lanțului, apare brumul și chiar alte semnale parazite. Avînd în vedere importanța traseelor de masă și a ecranărilor la interconectarea dozelor magnetice prezentăm în figura V.5 un exemplu de legare corectă.

Pentru realizarea unui lanț electroacustic stereo se vor executa cîte două preamplificatoare pentru fiecare canal *(I.S.)*

4. PREAMPLIFICATOARE CU TRANZISTOARE PENTRU DOZA ELECTROMAGNETICĂ

La picupurile cu doză electromagnetică „deck" existente în comerț se poate adapta, cu rezultate foarte bune un preamplificator simplu și care să dețină totuși performanțe superioare. În fig. V.6 și fig. V.7 sînt prezentate

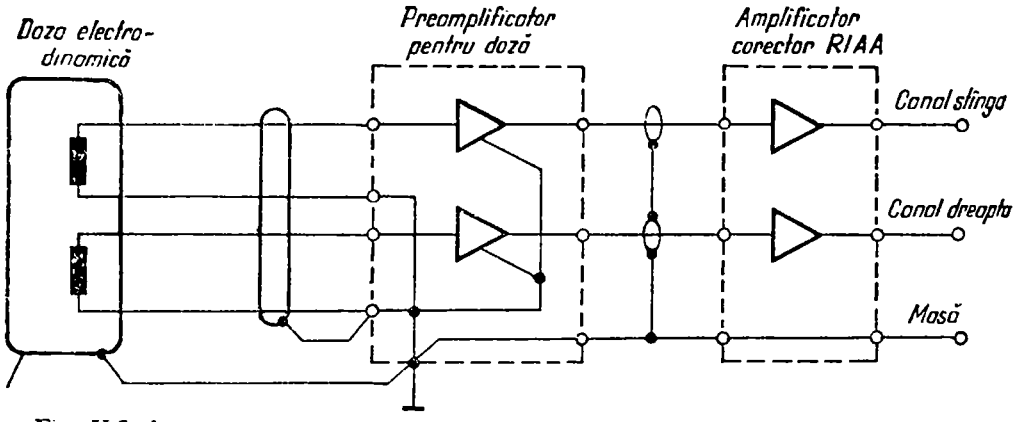


Fig. V.5. Interconectarea corectă între doză, preamplificator și corector RIAA.

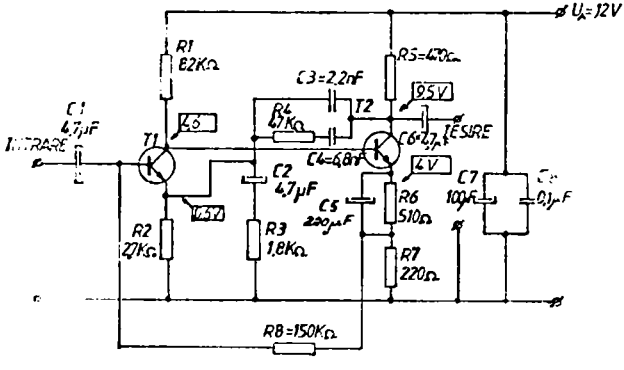


Fig. V.6. Preamplificator pentru doză electromagnetică (I).

$\tau_1 = 3180\,\mu S$
$\tau_2 = 318\,\mu S$
$\tau_3 = 75\,\mu S$

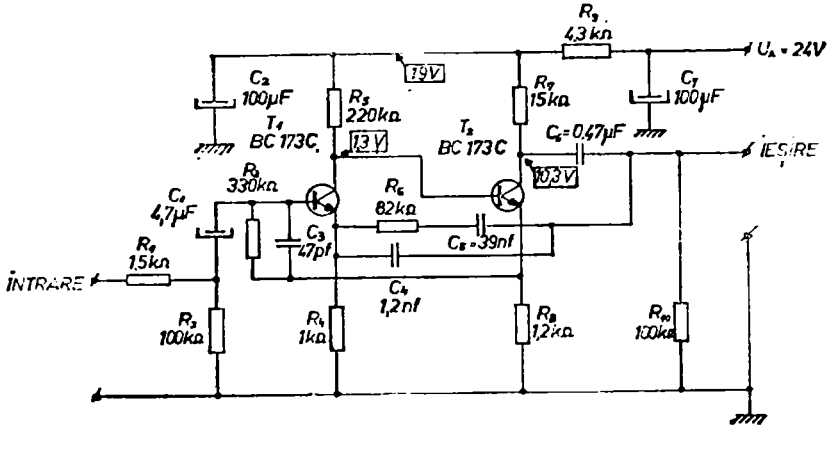


Fig. V.7. Preamplificator pentru doză electromagnetică (II).

două scheme electrice de preamplificator cu performanțe asemănătoare. Ambele montaje folosesc pentru amplificarea semnalului furnizat de către doza electromagnetică două tranzistoare, montate în cascadă.

Pentru adaptarea impedanței de ieșire a dozei electromagnetice la impedanța de intrare a preamplificatorului s-au prevăzut cuplaje corespunzătoare. Polarizările primului tranzistor sînt alese de așa natură încît să optimizeze funcționarea, în ceea ce privește amplificarea unui semnal de ordinul milivolților și în același timp să permită obținerea unui raport semnal/zgomot cît mai bun. Se observă că primul tranzistor este alimentat cu un curent mic, de ordinul sutelor de microamperi, și în același timp prezintă o tensiune redusă în colector. Cuplajul cu al doilea tranzistor se face galvanic, pentru optimizarea funcționării și eliminarea inconvenientelor generate de un condensator electrolitic de cuplaj, care ar putea introduce distorsiuni. La ambele variante se observă buclele de reacție negativă ($C_3R_4C_4$ la varianta I și $C_4C_5R_6$ la varianta II) care oferă montajelor caracteristica de funcționare tip RIAA, necesară redării semnalelor culese de pe disc. Se recomandă cuplajul ieșirii la un amplificator cu impedanță mare de intrare.

După realizare, montajul se ecranează și se alimentează de la o sursă de tensiune stabilizată și bine filtrată. Preamplificatorul se introduce chiar în incinta picupului, departe de motorul de antrenare al platanului, iar conexiunile se realizează obligatoriu cu conductor ecranat. *(E.M.)*

5. PREAMPLIFICATOARE HI-FI PENTRU DOZA ELECTROMAGNETICĂ

Un preamplificator pentru picup cu doză electromagnetică din categoria HI-FI necesită în mod obligatoriu un circuit integrat specializat. El trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

— zgomot de fond minim;

— liniaritate în toată gama de frecvență audio;

— posibilități de alimentare adaptabilă la sursa de tensiune existentă.

Un preamplificator pentru doza electromagnetică va îndeplini următoarele cerințe:

— adaptarea perfectă din punct de vedere electric între impedanța de ieșire a dozei și impedanța sa de intrare;

— amplificarea în banda de audiofrecvență conform normei RIAA;

— raport semnal/zgomot cît mai ridicat;

— lipsa diafoniei între canale.

Lista se completează și cu necesitatea utilizării unei părți mecanice a picupului bine pusă la punct, care să nu prezinte posibilități de apariție a vibrațiilor mecanice sau distorsiuni în timpul antrenării discului. Numai un ansamblu doză electromagnetică-picup cu partea mecanică bună (platan cu masă mare, braț eliptic, antiskating etc.) justifică realizarea preamplificatorului cu circuit integrat specializat. În figurile V.8—12 se prezintă scheme electrice cu circuite integrate liniare românești de tip βM381, βM382, βM387, iar în ipoteza că se dețin și alte tipuri de circuite integrate (fabricate de fir-

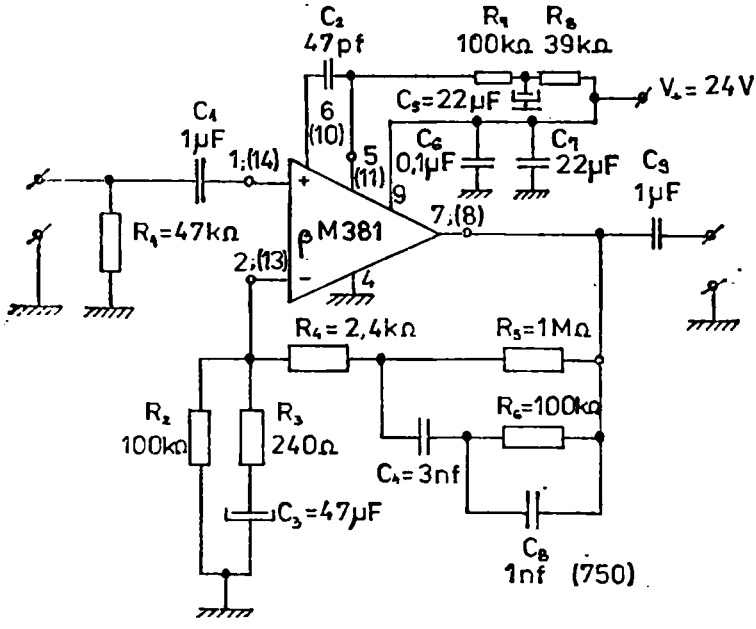


Fig. V.8. Preamplificator pentru doză electromagnetică cu βM381.

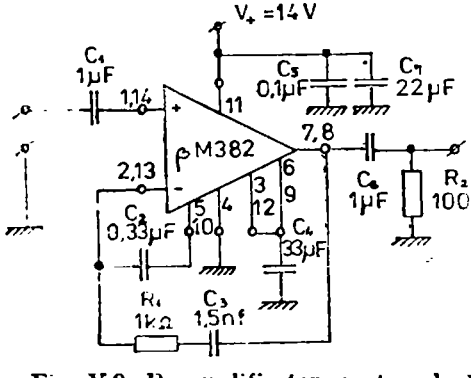


Fig. V.9. Preamplificator pentru doză electromagnetică cu βM382 ($R_2 = 100$ kΩ).

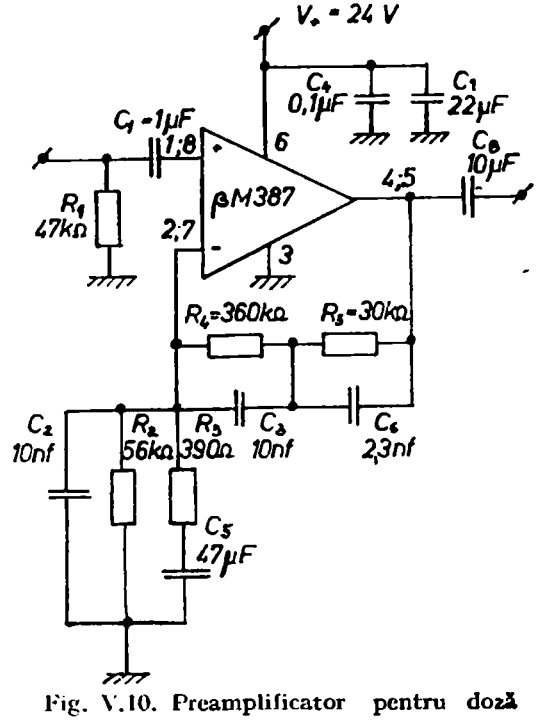


Fig. V.10. Preamplificator pentru doză electromagnetică cu βM387.

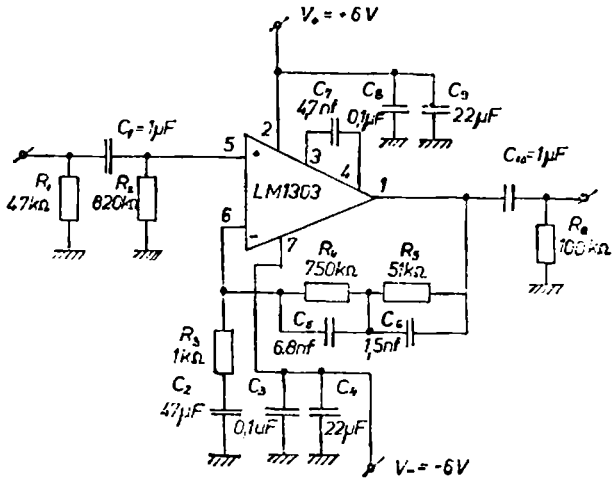


Fig. V.11. Preamplificator pentru doză electromagnetică cu LM1303.

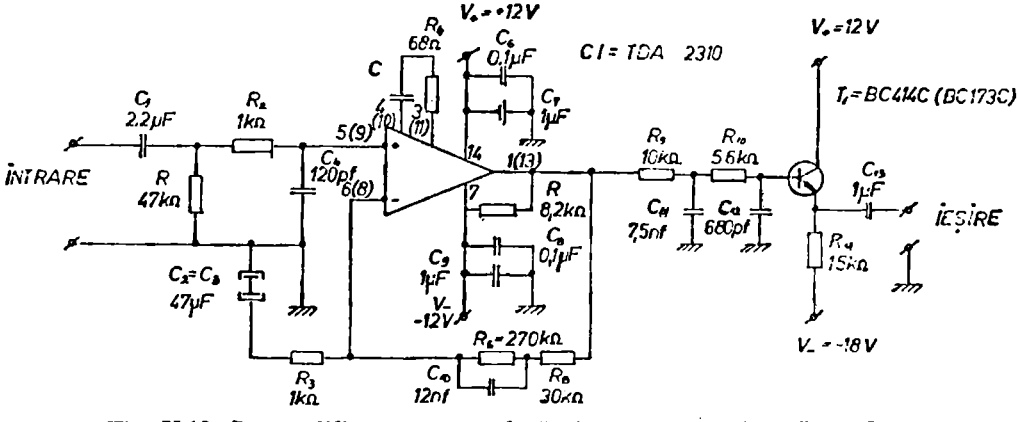


Fig. V.12. Preamplificator pentru doză electromagnetică cu TDA2310.

mele străine) sînt prezentate și scheme de preamplificatoare cu circuite integrate de tip LM1303 sau TDA2310.

Analizînd grupul de scheme electrice se observă elemente comune. Semnalul audio provenit de la doza electromagnetică se aplică prin intermediul unui condensator pe intrarea neinversare a amplificatorului operațional. Acest lucru oferă o bună adaptare de impedanțe. Intrarea inversare a amplificatorului operațional servește la aplicarea unei reacții negative, pentru obținerea caracteristicii de frecvență de tip RIAA la ieșirea preamplificatorului. Se utilizează de fiecare dată un grup de rezistori și condensatoare cu valori alese în mod corespunzător. Funcție de tipul circuitului integrat, se utilizează o sursă de alimentare dublă sau simplă, filtrată în mod eficient (condensator electrolitic și neelectrolitic.).

Efectuînd un cablaj imprimat îngrijit (structură fizică de cuadripol) și

utilizînd componente electrice pasive de bună calitate montajul obținut își va confirma pe deplin cerințele HI-FI. Se recomandă ecranarea montajului și folosirea obligatorie a cablului ecranat pentru efectuarea conexiunilor. *(E.M.)*

6. PREAMPLIFICATOARE CU βA741

Multe dintre schemele electrice de preamplificatoare cu circuite integrate prezintă dezavantajul folosirii unei tensiuni de alimentare duble. Montajele prezentate sînt proiectate astfel încît acest dezavantaj să fie eliminat, ușurînd adaptarea la un aparat electroacustic deja existent. În figura V.13 este prezentată schema electrică a unui preamplificator pentru un picup cu doză electromagnetică. Corecțiile diagramei de amplitudine-frecvență se încadrează în normativele RIAA.

În fig. V.14 este prezentată schema electrică a unui preamplificator pentru microfon. Amplificarea montajului este de 40 dB, pentru un semnal de intrare de 20 mV, cu o neliniaritate a curbei de răspuns amplitudine-frecvență de maxim 1% în banda de frecvență 80 Hz...18 kHz. Ambele montaje utilizează circuite βA741, care vor fi sortate astfel încît să prezinte un raport semnal-zgomot cît mai ridicat. Tensiunea de alimentare se situează în plaja 6V...15V, stabilizată și bine filtrată.

În fig. V.15 se prezintă modul de adaptare a tensiunii de alimentare al aparatului electroacustic existent la necesitățile energetice ale preamplificatorului. *(E.M.)*

7. PREAMPLIFICATOR CU POSIBILITĂȚI MULTIPLE

Pentru constructorii amatori care doresc să realizeze un preamplificator

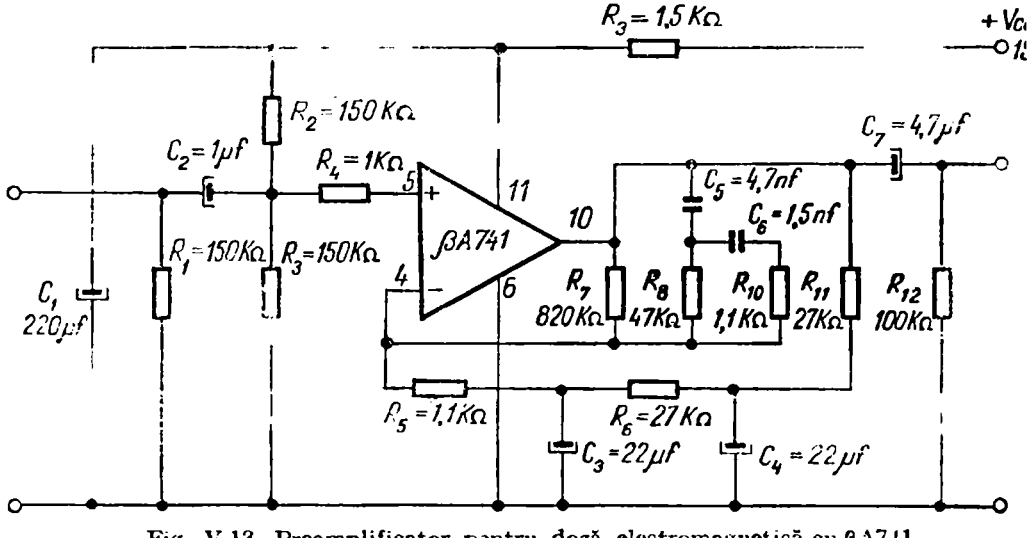


Fig. V.13. Preamplificator pentru doză electromagnetică cu βA741.

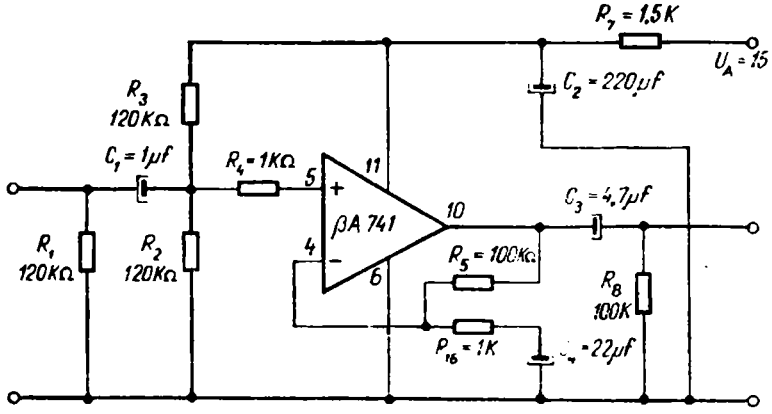


Fig. V.14. Preamplificator pentru microfon cu βA741.

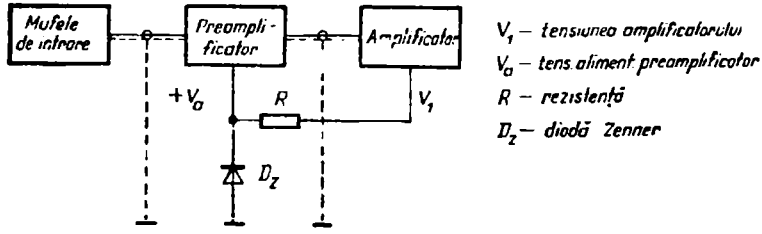


Fig. V.15. Adaptarea tensiunii de alimentare a preamplificatorului.

cu bune proprietăți în ceea ce privește raportul semnal/zgomot și distorsiunile armonice, este prezentată schema electrică în fig. V.16. Caracteristicile electrice sînt următoarele:

— intrări:

a — microfon (10 mV/47 kΩ)

b — cap magnetic (4 mV/47 kΩ)

c — doză magnetică (3 mV/47kΩ)

d — doză ceramică (20 mV)

— amplificarea: cca. 47 dB

— distorsiuni armonice d $\leqslant$ 0,02%

— raport semnal/zgomot $\leqslant$ 63 dB

— tensiunea de alimentare 20 Vc.c., stabilizată și bine filtrată

— impedanța de ieșire $Z_{e\,optim}$ = = 100 kΩ.

Semnalul electric se aplică de la sursă prin intermediul condensatorului C_2 în baza tranzistorului T_1. Comutatorul K prezintă două secțiuni. Una dintre ele este pentru selectarea sursei de semnal și a doua pentru selectarea tipului de reacție negativă necesară caracteristicii de transfer intrare-ieșire. Semnalul audio este amplificat de etajul care conține tranzistorul T_1 și apoi aplicat etajului următor, care conține tranzistoarele T_2 și T_3. Tranzistorul T_2 reprezintă un tampon între ieșirea etajului de intrare și tranzistorul T_3, în scopul aplicării optime a reacției negative selecționabile de a doua secțiune a comutatorului K. Reacția negativă conține corecțiile necesare standard RIAA pentru doza

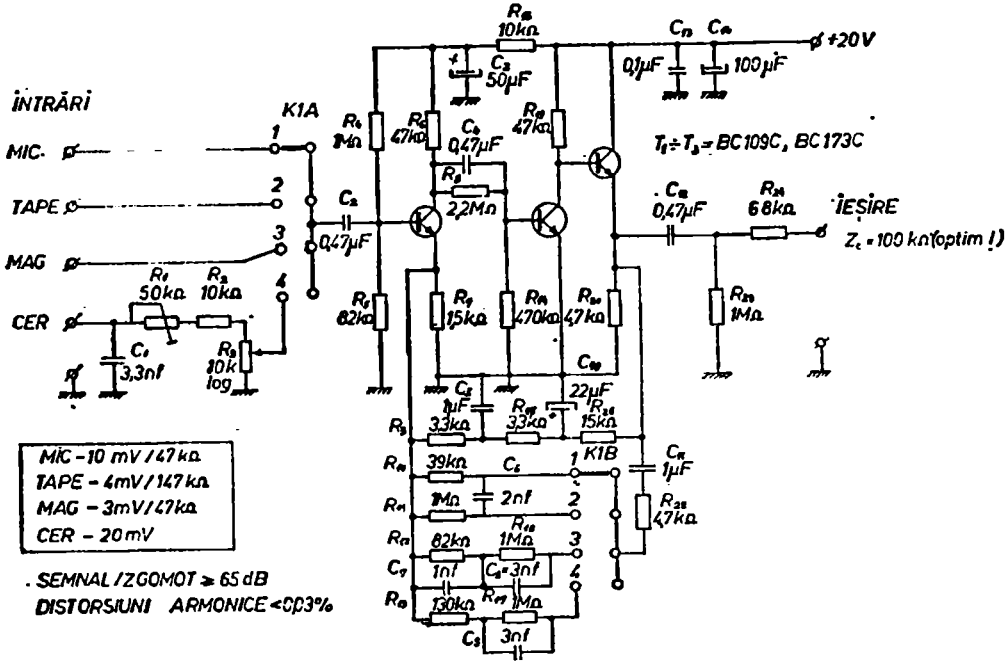


Fig. V.16. Preamplificator cu posibilități multiple.

magnetică și ceramică, NAB pentru imprimarea pe bandă magnetică și caracteristica liniară pentru microfon. Din colectorul tranzistorului T_2 semnalul audio este aplicat prin cuplaj direct în baza tranzistorului T_3, iar semnalul de ieșire din preamplificator se preia din emițătorul tranzistorului T_3 prin intermediul grupului $C_{12}R_{21}$. În scopul unui filtraj suplimentar al tensiunii care se aplică etajului de intrare este prevăzut grupul C_3R_{18}.

Pentru stabilitatea montajului s-a prevăzut rezistența R_{23}, care constituie o sarcină constantă a etajului de ieșire. Tranzistorul T_3 constituie un montaj tip repetor pe emitor, care are rolul facilitării cuplajului ieșire preamplificator-intrare corector de ton.

Realizarea și reglajele. Montajul se realizează pe o plăcuță de sticlostratitex placat cu folie de cupru în varianta mono sau stereo. Se prevăd cose pentru firele care fac legătura între placă și comutatorul K. Firele de legătură vor fi în mod obligatoriu ecranate, cu ecranul conectat pe cablaj cît mai aproape de emitorii tranzistoarelor T_1 și T_2 (loc prevăzut special în cablaj). Se vor utiliza componente de bună calitate, iar rezistoarele care echipează etajul de intrare și bucla de reacție vor fi obligatoriu de tip RPM. Condensatoarele vor fi de tip multistrat sau cu tantal (capacitățile mari). Cablajul va avea legături cît mai scurte iar trasul de masă va avea grosimea minimă 3 mm. Se va evita bucla de masă în mod categoric. Co-

mutatorul K va fi de bună calitate, cu contactele cel puțin argintate, pentru a prezenta fiabilitate în timp. După realizarea montajului se verifică încă o dată corectitudinea implantării componentelor, în special polaritățile condensatoarelor electrolitice. Se alimentează montajul și prin cîteva încercări se stabilește valoarea finală a rezistenței R_{14} pentru care semnalul maxim de intrare apare la ieșire nedistorsionat ($U_{emiter\ T_3} = 8{,}5 \ldots 10$ V). Pentru doza ceramică se va regla, potrivit tipului dozei, valoarea rezistenței semireglabile R_1, și ulterior nivelul semnalului optim utilizînd rezistența semireglabilă R_2. După efectuarea reglajelor montajul se ecranează, folosind o cutie metalică cu pereții de grosime minimă 1,5 mm și se integrează mecanic în ansamblul electroacustic posedat. Funcție de numărul surselor de semnal pe care constructorul amator le deține și le utilizează curent, se poate renunța la unele dintre intrări, și corespunzător componente din bucla de reacție negativă, în scopul compactizării montajului.

Preamplificatorul introdus în incinta complexului electroacustic pe care îl deține constructorul amator se rigidizează corespunzător. *(E.M.)*

CAPITOLUL VI

DESPRE AMPLIFICATOARELE AUDIO

1. CLASELE DE FUNCȚIONARE

Amplificatorul de semnale electrice alternative trebuie să dezvolte în sarcină o anumită putere, cu un randament cît mai bun și cu distorsiuni minime. Reglajul puterii dezvoltate la ieșire se face aproape totdeauna prin modificarea nivelului semnalului alternativ de intrare. Impedanța de sarcină a unui amplificator de audiofrecvență este difuzorul, iar puterea transmisă acestuia variază în limite mari, de la cîțiva miliwați (volum minim) pînă la zeci de waţi (volum maxim) funcție de valoarea dorită. În scopul optimizării caracteristicilor de transfer intrare-ieșire, s-au imaginat niște modalități de funcționare ale tranzistoarelor utilizate ca amplificatoare, indiferent de conexiunea în care lucrează. Astfel au apărut așa-numitele clase de funcționare. Tranzistoarele pot funcționa ca amplificatoare (de curent sau de tensiune) în următoarele clase: clasa A, clasa B, clasa AB, clasa C și clasa D.

Alegerea clasei de funcționare și a conexiunii de lucru a tranzistoarelor se face în funcție de amplificarea în tensiune cerută, puterea maximă, distorsiunile minime (THD) etc. Se menționează că în conexiunea *EC* se obține cea mai mare amplificare de putere. În același timp, conexiunea *CC* conduce la cele mai simple scheme de amplificare, evitînd etajele de adaptare suplimentare între ieșirea amplificatorului și impedanța de sarcină (de exemplu transformatorul de ieșire).

Amplificatoare în clasa A

Schema electrică de principiu și caracteristicile de funcționare statice și dinamice ale unui amplificator în clasa A sînt prezentate în figura VI. 1. S-a ales pentru exemplificarea modului de funcționare un montaj cu conexiunea *EC*.

Se observă că pentru obținerea unui randament maxim, polarizarea etajului de amplificare trebuie astfel făcută

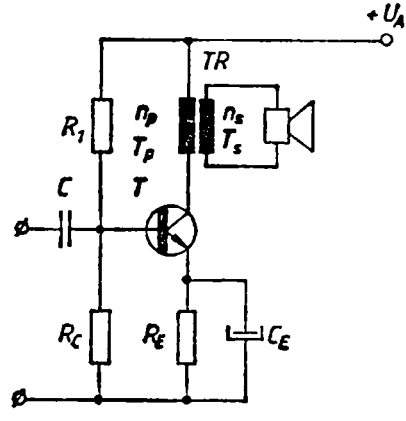


Fig. VI.1. Schema electrică a amplificatorului în clasă A.

încît în regim de repaus, tensiunea din colectorul tranzistorului T are valoarea:

$$U_{C_0} \leqslant \frac{U_{CE\,max}}{2}$$

În absența semnalului de intrare tranzistorul se găsește în punctul static de funcționare $M\,(U_{C_0}, I_{C_0})$, ale cărui coordonate (tensiune-curent) satisfac ecuația dreptei de sarcină în regim static (fig. VI.2):

$$U_0 = U_A - (R_E + r_p)I_C,$$

unde R_E = rezistența de sarcină echivalentă, r_p = rezistența înfășurării primare a transformatorului TR.

Este necesar totodată ca puterea disipată, $P_d = U_{CE} \cdot I_C$, să se afle în permanență sub valorile care constituie hiperbola de disipație termică a tranzistorului.

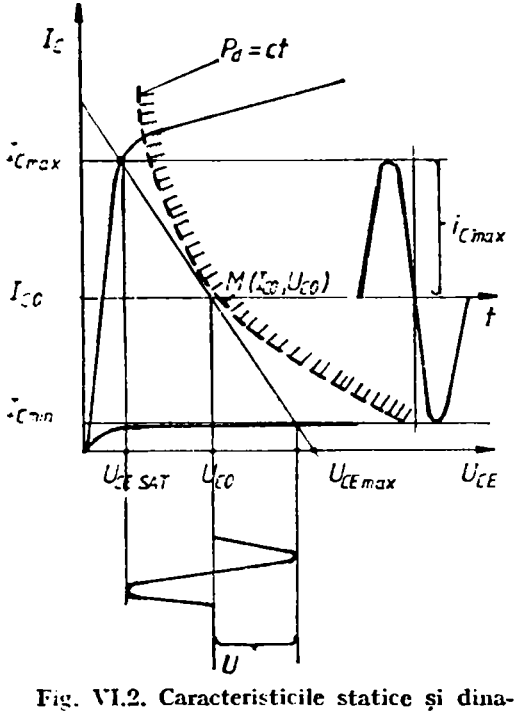


Fig. VI.2. Caracteristicile statice și dinamice ale amplificării în clasă A.

În regim dinamic, punctul de funcționare al tranzistorului se deplasează pe dreapta de sarcină de regim dinamic, a cărei ecuație este:

$$U_C = -R_E \cdot i_0$$

$$R_E = r_p + \left(\frac{n_p}{n_s}\right)(r_s + R_s)$$

Semnul minus al relației reflectă antifaza dintre variațiile lui U_0 și i_C. Puterea utilă P_u are valoarea:

$$P_u = \frac{u_{max} \cdot i_{max}}{2} = \frac{K_a^2}{2} \cdot U_A I_{C_0}$$

K_a reprezintă factorul de utilizare al tensiunii de alimentare U_A.

$$K_A = \frac{u_{C\,max}}{U_{C_0}} \simeq \frac{u_{C\,max}}{U_A} =$$

$$= \frac{U_A - U_{CE\,sat}}{U_A} = \frac{i_{C\,max}}{I_{C_0}}$$

Puterea disipată P_d are valoarea:

$$P_d = U_A \cdot I_{C_0} - P_u, \text{ iar}$$

$$P_{d\,max} = U_A \cdot I_{C_0}$$

Randamentul acestei clase de funcționare este:

$$\eta_A = \eta_{TR} \cdot \frac{P_u}{P_d} \simeq 0{,}45 \ldots 0{,}5,$$

unde η_{TR} = randamentul transformatorului de ieșire.

Se observă că mai mult de jumătate din puterea preluată de la sursa de alimentare P_A se pierde. Datorită acestor considerente, etajele de amplificare în clasa A se folosesc numai în cazul cînd P_u(și P_d) are valoarea mică, iar amplificarea în tensiunea cerută este mare (de exemplu, la etajul pilot).

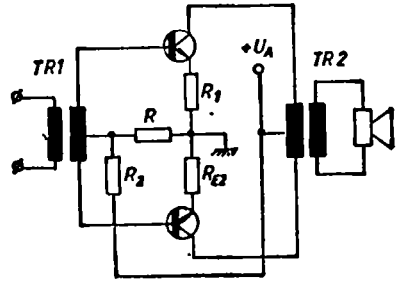


Fig. VI.3. Schema electrică a amplificatorului în contratimp, cu transformator de ieşire, în clasă B.

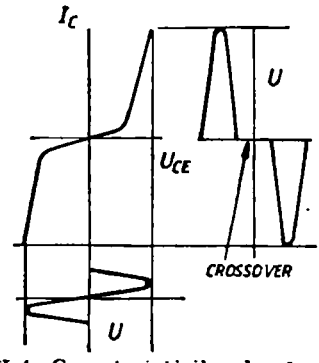


Fig. VI.4. Caracteristicile de funcţionare în clasă B.

Amplificatoare în clasa B

Aceste tipuri de amplificatoare folosesc două tranzistoare care amplifică pe rînd (unul semialternanţa pozitivă, iar celălalt semialternanţa negativă) semialternanţele semnalului alternativ de intrare. Randamentul maxim se obţine atunci cînd puterea absorbită de la sursa de alimentare U_A este proporţională cu mărimea semnalului de intrare. Puterea în regim static de funcţionare (în lipsa semnalului de intrare) este neglijabilă, deoarece tranzistoarele care lucrează în clasa B au punctul static de funcţionare corespunzînd cu situaţia $I_B = 0$, $I_C \geqslant 0$ (neglijabil). Un exemplu de schemă electrică a unui amplificator în clasa B este prezentat în figura VI.3.

Caracteristicile statice şi dinamice de funcţionare sînt prezentate în figura VI.4. Se observă că, datorită transformatorului defazor TR_1, cele două semialternanţe ale semnalului alternativ de intrare se aplică succesiv în bazele tranzistoarelor T_1 şi T_2. Acestea realizează amplificarea de putere pentru fiecare semialternanţă, iar transformatorul de ieşire TR_2 reface forma de undă a semnalului alternativ, realizînd totodată adaptarea de impedanţă cu impedanţa de sarcină. Pentru eliminarea distorsiunilor de neracordare a celor două semialternanţe (crossover) în momentul în care curenţii de colector sînt mici se polarizează corespunzător bazele tranzistoarelor T_1 şi T_2, cu ajutorul divizorului de tensiune R_1R_2. Datorită acestui lucru se obţine totuşi un mic curent de mers în gol (iar clasa reală de funcţionare devine AB) absolut necesar pentru eliminarea inconvenientului menţionat anterior. Puterile utile, absorbite de la sursa de alimentare şi disipată, se calculează conform relaţiilor:

$$P_u = \frac{1}{2} u_{C\,max}\, i_{C\,max} = \frac{K_a^2}{2} U_A I_{C\,max}$$

$$P_a = \frac{2}{\pi} U_A i_{C\,max} \text{ (în regim sinusoidal)}$$

$$P_d = P_a - P_u = U_A I_{C\,max} \left(\frac{2}{\pi} - \frac{K_a^2}{2}\right).$$

Randamentul unui etaj de amplificare în clasa B este:

$$\eta_B = \eta_{TR_2} \cdot \frac{P_u}{P_a} \simeq 0{,}785 \cdot \eta_{TR_2} K_a.$$

Puterea disipată maximă, pentru care se dimensionează radiatoarele

tranzistoarelor finale (sau radiatorul comun) se obține în cazul în care $K_a = \frac{2}{\pi}$.

$$P_{d\,max}\Big|_T = \frac{P_{d\,max}}{2} = \frac{1}{\pi^2} U_A I_{CM} =$$

$$= \frac{1}{\pi^2} \frac{2P_u}{K_a^2} < P_{T\,max}$$

Concluziile și relațiile funcționale sînt valabile pentru toate montajele în clasa B, indiferent de configurația etajului final (contratimp, ca tranzistor defazor și condensator de ieșire, cu tranzistoare complementare etc.).

Amplificatoare în clasa AB

Clasa intermediară de funcționare între clasele A și B este clasa AB. Caracteristic acestei clase de funcționare este faptul că, în absența semnalului alternativ de intrare, datorită polarizărilor, prin tranzistoarele finale circulă un curent (numit curent de mers în gol) mai mic decît cel caracteristic clasei A și mai mare decît cel în cazul clasei B. Poziția intermediară a punctului static de funcționare M (U_{C_e}, I_{C_e}) este determinată de polarizarea corespunzătoare a tranzistoarelor finale. Majoritatea etajelor finale de putere lucrează în clasa AB, datorită bunei comportări în ceea ce privește randamentul și distorsiunile (THD). Relațiile de calcul pentru P_d, P_a și P_u sînt similare cu cele folosite la amplificatoarele în clasa B.

Caracteristicile statice și dinamice de funcționare a unui amplificator în clasa AB sînt prezentate în figura VI.5.

Configurațiile „de bază" în privința schemelor electrice (indiferent de polarizarea în clasa B sau AB) sînt următoarele:

— Amplificator simetric în contratimp, cu tranzistor defazor și transformator de ieșire (fig. VI.3).

— Amplificator simetric în contratimp cu transformator defazor, fără transformator de ieșire, cu alimentare de la două surse de tensiune (fig. VI.6).

— Amplificator în contratimp cu tranzistoare complementare, fără transformator de ieșire (fig. VI.7).

— Amplificator în clasa AB, sistem Mullard, în mod π (fig. VI.8).

Acest tip de amplificator lucrează cu un curent total constant, iar semnalul de intrare (amplitudinea lui) determină clasa de funcționare:

a) pînă la 40% din putere — A

b) 40% ... 90% din putere — AB

c) > 90% din putere — B.

Amplificatorul Mullard se remarcă printr-un procent de distorsiuni THD minim.

Amplificatoare în clasa C

Un amplificator în clasa C este polarizat astfel încît excursia de tensiune a fiecărei semialternanțe depășește limitele tensiunii de blocare sau saturație a tranzistoarelor. În acest fel, curentul I_C circulă mai puțin decît o semiperioadă maximă posibilă.

În cazul amplificatoarelor cu tuburi electronice, această clasă de funcționare apare atunci cînd tensiunea de negativare a grilei de comandă este mai mare decît tensiunea de blocare a tubului. Vîrful impulsului de curent anodic poate deveni aplatisat datorită apariției curentului de grilă la „vîrful" semialternanțelor pozitive, fapt care

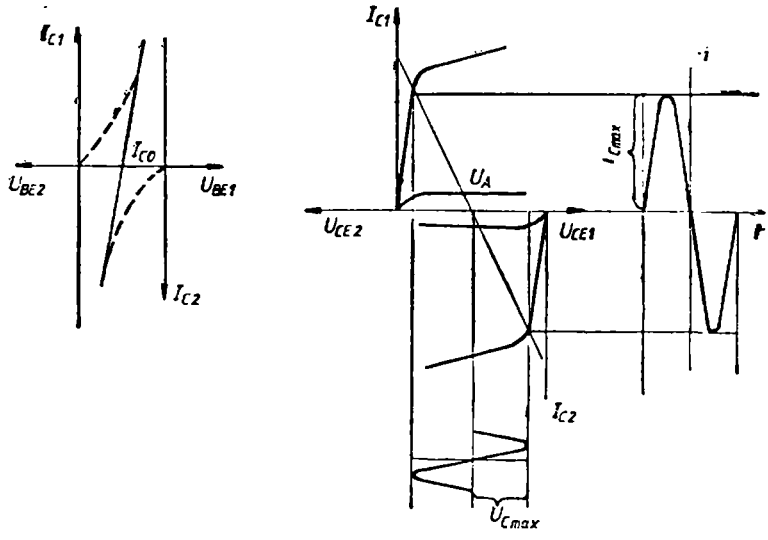


Fig. VI.5. Caracteristicile de funcționare în clasă AB.

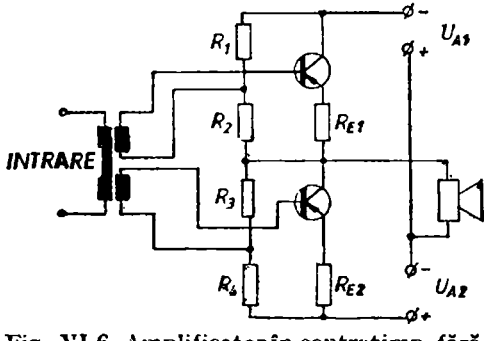


Fig. VI.6. Amplificator în contratimp, fără transformator de ieșire, cu două surse de alimentare.

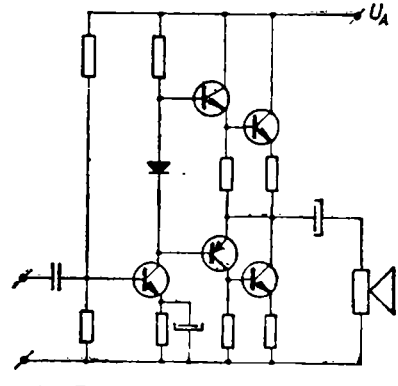


Fig. VI.7. Amplificator în contratimp cu tranzistoare complementare.

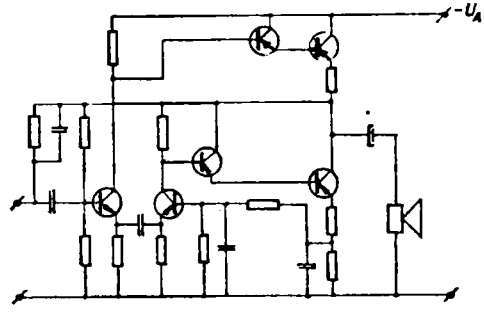


Fig. VI.8. Amplificator în clasă AB, în mod π (sistem Mullard).

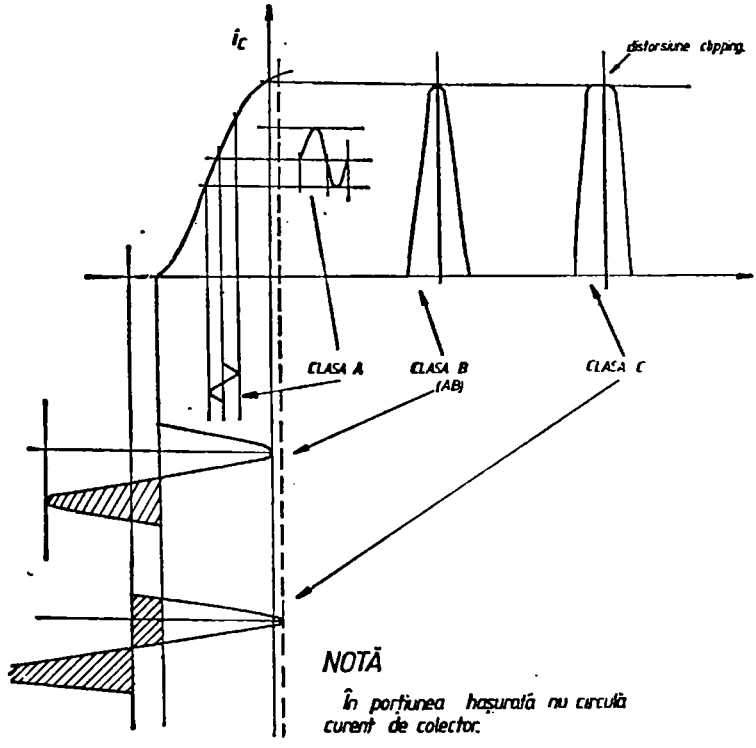


Fig. VI.9. Funcționarea unui amplificator în clasele A, B și C.

duce la o repartiție nedorită a fluxului de electroni de la catod între grilă și anod.

În figura VI.9 este prezentată funcționarea unui etaj de amplificare în clasele A, B, C, indicîndu-se cum depinde semnalul de ieşire de punctul de funcționare ales. Amplificatoarele în clasa C nu se utilizează decît în cazul unor montaje speciale (în radiofrecvență); deoarece această clasă de funcționare implică un procent mare de distorsiuni (clipping) inadmisibil la un amplificator de audiofrecvență.

Amplificatoare în clasa D

Clasa D de amplificatoare corespunde funcționării unui amplificator în regim de comutație. Aceste tipuri de amplificatoare mai poartă denumirea de amplificatoare autobasculante. Datorită faptului că puterea disipată în cele două stări extreme ale tranzistoarelor (sau tiristoarelor) este minimă se pot obține randamente foarte mari în privința puterii utile transmise.

Schema-bloc a unui amplificator în clasa D și formele de undă ale semnalului alternativ de intrare amplificat (pentru fiecare bloc funcțional) sînt prezentate în figura VI.10. Semnalul de intrare se aplică unui circuit de tip modulator în durată a impulsurilor generate de un circuit basculant astabil (multivibrator) MO.

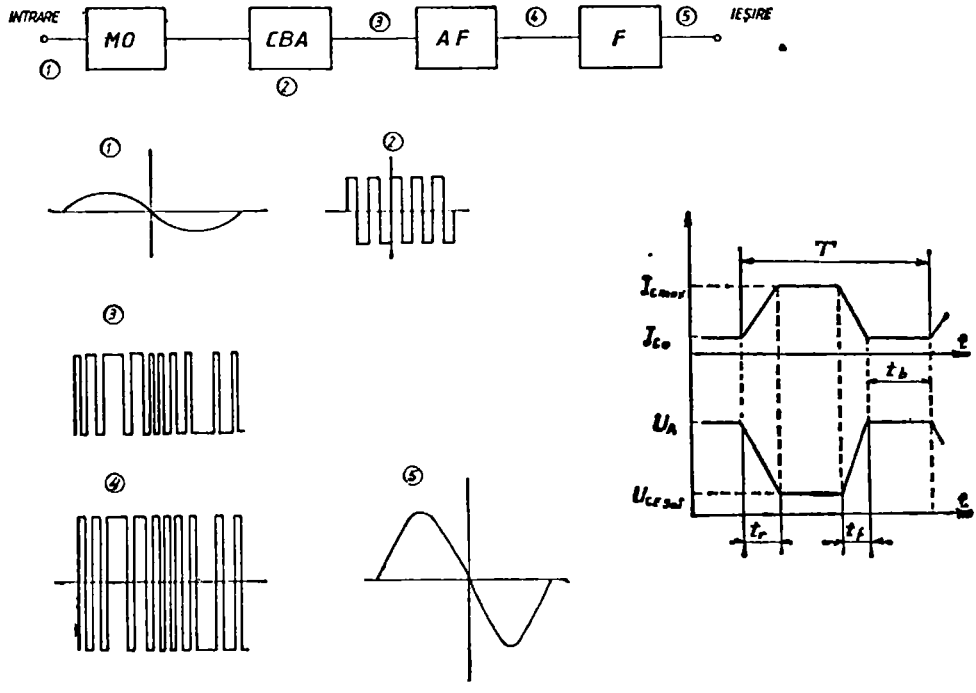


Fig. VI.10. Schema bloc a amplificatorului în clasă D şi formele de undă ale semnalului în blocurile funcţionale.

Impulsurile modulate în durată sînt amplificate de amplificatorul AF, care în această situaţie lucrează în regim de comutaţie. Valoarea medie a impulsurilor obţinute la ieşire (a „trenului" de unde dreptunghiulare) depinde direct de amplitudinea semnalului de intrare. Variaţia în timp a acestei valori medii reproduce, la scară mărită, semnalul de intrare. Pentru obţinerea acestei valori medii se utilizează un filtru trece-jos F. Frecvenţa de comutare este de circa 6 ... 10 ori mai mare decît frecvenţa maximă a semnalului alternativ amplificat. Limita superioară a acestei frecvenţe serveşte la dimensionarea filtrului trece-jos F.

Puterea de ieşire P_u are valoarea:

$$P_u = \frac{U_A^2}{R_s} \cdot \frac{t_c^2}{T},$$ unde R_s = rezistenţa de sarcină.

Puterea disipată include puterile disipate în regim de blocare, saturate şi regimurile tranzitorii de comutaţie.

$$P_d = P_{db} + P_{ds} + P_{d\,\text{tranz}} =$$

$$= U_C I_{C_0} \frac{t_b}{T} + U_{CE\,\text{sat}} I_{C\,\max} \frac{t_c}{T} +$$

$$+ \frac{U_A I_{C\,\max}}{6} \cdot \frac{t_f + t_r}{T}.$$

Semnificaţiile duratelor t_b, t_c, t_f, t_r, şi T sînt menţionate în fig. VI. 10.

Randamentul unui amplificator în clasa D este

$$\eta_D = \frac{P_u}{P_u + P_d} \simeq 0{,}94 \ldots 0{,}98.$$

Se observă că randamentul η_D este net superior claselor de funcționare prezentate anterior. Totuși, acest tip de amplificator nu se folosește în aparatura HI-FI datorită procentului mare de distorsiuni THD caracteristic clasei D.

2. PUTEREA DE IEȘIRE A AMPLIFICATOARELOR AUDIO

Puterea de ieșire a unui generator de energie se definește ca fiind capacitatea unui sistem de a dezvolta o anumită energie într-o perioadă de timp, în momentul alimentării unui consumator. Unitatea de măsură a puterii o reprezintă watt-ul, iar pentru un circuit electric, puterea este direct proporțională cu tensiunea aflată la bornele impedanței de sarcină și cu curentul care trece prin ea.

Puterea de ieșire a unui amplificator de audiofrecvență reprezintă puterea pe care acesta o poate debita avînd ca impedanță de sarcină difuzorul sau grupul de difuzoare.

$$p = u \cdot i, \text{ unde}$$
$$u = U \sin (\omega t + \varphi)$$
$$i = I \sin (\omega t + \xi);$$

(în cazul regimului sinusoidal).

În general, fiecare amplificator de audiofrecvență de putere are menționată, printre caracteristicile sale date, de firma producătoare, valoarea puterii maxime de ieșire. Faptul care de cele mai multe ori nu este precizat constă în totalitatea condițiilor în care a fost măsurată această putere. În multe cazuri, puterea de ieșire este precizată doar pentru o singură frecvență a semnalului alternativ de intrare — de cele mai multe ori 1 000 Hz. Amplificatoarele ieftine, „de larg consum", au înscrisă în cartea tehnică valoarea puterii de ieșire la frecvențele medii, presupunîndu-se cunoscut faptul că puterea scade spre extremitățile benzii de audiofrecvență. Deoarece performanțele în această privință depind de tipul schemei electrice a amplificatorului și totodată de componentele folosite la realizarea lui practică, este de așteptat ca o livrare liniară a puterii în întreaga bandă audio să fie garantată pentru produse complexe și, evident, cu un preț de cost ridicat.

De multe ori, valoarea procentului maxim de distorsiuni THD (THD = = total harmonic distorsion) este precizat, dar numai pentru o anumită frecvență din spectrul audio, și pentru o putere care poate să nu fie maximă. Posesorul unui amplificator de audiofrecvență trebuie să cunoască valoarea reală a THD-ului, la puterea maximă, în întreaga bandă audio, pentru a-și putea forma o imagine asupra performanțelor finale ale complexului electroacustic. De obicei, puterea unui amplificator de audiofrecvență se precizează pentru un semnal de intrare cu forma de undă sinusoidală. Cel mai frecvent sînt precizate în cataloage următoarele puteri (una dintre ele):

— puterea maximă sinusoidală;
— puterea continuă;
— puterea de vîrf;
— puterea muzicală IHFM.

În majoritatea țărilor europene, se utilizează ca dată de catalog puterea sinusoidală. Ea reprezintă valoarea puterii maxime eficace (RMS) pentru o formă de undă sinusoidală a semnalului amplificat.

Puterea continuă reprezintă același lucru ca și puterea maximă sinusoidală, fiind prezentă sub această denumire în unele cataloage ale firmelor din S.U.A. și Japonia.

Puterea de vîrf reprezintă o valoare dublă a puterii maxime sinusoidale.

Puterea muzicală IHFM (Institute of High Fidelity Manufactures) se referă la puterea măsurată pentru un semnal de intrare care aproximează o formă de undă din regimul normal de exploatare. Puterea muzicală este mai mare de 1,4...1,5 ori decît puterea continuă.

Măsurătorile (și prezentarea datelor) pentru aflarea puterii unui amplificator audio se fac, în mod obișnuit, utilizînd forma de undă sinusoidală. O dată cu apariția unor noi firme producătoare de echipament electroacustic, s-au prezentat în prospecte și alte valori pentru putere, rezultatul (și evident scopul) utilizării fiind o reclamă pentru produsul respectiv. Acest lucru poate deruta pe amatorul de complexe electroacustice cu performanțe superioare, care nu este informat asupra modului de „prezentare" al puterilor. Singura comparație între două amplificatoare de aceeași putere se poate face cu precizie, utilizînd ca semnal de intrare unul cu formă de undă sinusoidală și comparînd, pentru aceeași impedanță de sarcină, puterile maxime sinusoidale.

Un factor deosebit de important îl reprezintă „răspunsul în frecvență" al unui amplificator audio sau, mai precis, modul de comportare al puterii de ieșire în întreaga bandă de audiofrecvență. Pentru un amplificator HI-FI, abaterea de la un răspuns liniar este foarte mică. Standardul european DIN 45500 recomandă o valoare de maxim $\pm 1{,}5$ dB în gama de frecvență 40 Hz ... ... 16 000 Hz. Peste 20 000 Hz se admite ca puterea să scadă treptat, iar sub 20 Hz ea este atenuată intenționat datorită considerentelor de ordin fiziologic (vibrațiile de joasă frecvență sînt dăunătoare pentru organismul uman).

De obicei THD-ul se măsoară la frecvențele de 40 Hz, 1 000 Hz și 8 000 Hz, iar distorsiunile de intermodulație numai la 40 Hz și 8 000 Hz, cu amplitudinea celor două semnale în raport de 4:1.

La un consum de putere maxim se mai ține cont în această situație și de valoarea brumului și a zgomotului de fond. Se recomandă o atenuare de 90 dB pentru brum și de minim 70 dB pentru zgomotul de fond, în intervalul de frecvență 20 Hz ... 20 000 Hz. *(E.M.)*

3. AMPLIFICATOARE AUDIO LINIARE, DE BANDĂ LARGĂ

De multe ori la interconectarea unor blocuri electronice se pune problema amplificării unui semnal electric de curent alternativ, într-o plajă de frecvență cît mai mare, fără a introduce

distorsiuni şi cu un raport semnal-zgomot cît mai ridicat.

În primul rînd la acest gen de montaj contează tipul schemei electrice alese, şi ulterior calitatea componentelor folosite. Soluția ideală constă în folosirea unor circuite integrate liniare, care deţin posibilităţi multiple de reglaj. De cele mai multe ori însă constructorul amator nu deţine astfel de componente din diverse motive.

În urma unor analize teoretice finalizate cu realizarea schemei de montaj practic s-au obţinut o serie de montaje cu tranzistoare. Aceste tipuri de montaj sînt relativ simple şi deţin performanţe asemănătoare cu cele ale montajelor care utilizează circuite integrate liniare.

În figurile VI.11 şi VI.12 sînt prezentate două amplificatoare cunoscute în literatura de specialitate sub denumirea de *liniac*. Principiul de funcţionare ales este realizarea unui montaj care prezintă o amplificare foarte mare. Introducînd o serie de reacţii negative (de tensiune sau de curent) amplificarea se reduce la o valoare stabilă. Concomitent se obţin toate avantajele

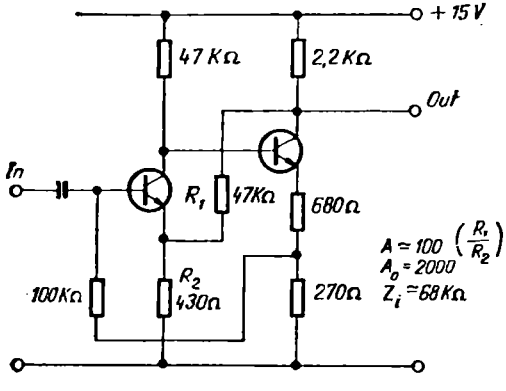


Fig. VI.11. Amplificator liniac.

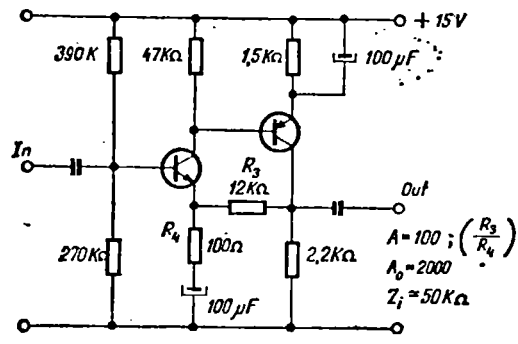


Fig. VI.12. Amplificator liniac cu dublet NPN şi PNP.

utilizării reacţiei negative, şi anume stabilitatea, bandă largă de trecere, zgomot redus etc. Analizînd schema electrică din figura VI.11 se observă utilizarea unui dublet de tranzistoare cuplate galvanic (emitor T_1 — bază T_2). Acest montaj are o amplificare mare în buclă deschisă ($A_0 = 2\,000$), dar datorită reacţiei negative (rezistenţa colector T_2 emitor T_1, şi emitor T_2 bază T_1) amplificarea se reduce la raportul rezistenţelor $R_1/R_2 = 100$. Polarizarea montajului se realizează utilizînd o tensiune preluată din divizorul rezistiv aflat în emitorul tranzistorului T_2, fapt care îmbunătăţeşte stabilitatea termică a montajului.

În figura VI.12 este prezentată o altă schemă electrică de liniac. În această variantă întîlnim utilizarea unui dublet de tranzistoare *NPN* şi *PNP*. Performanţele montajului sînt:

$$Z_i = 50 \text{ k}\Omega,\ A = 100\ (A = R_3/R_4).$$

Analizînd modul de calcul al amplificării în cadrul celor 2 scheme se observă că aceasta se poate modifica acţionînd asupra grupului R_1 şi R_2, respectiv R_3 şi R_4. Este de preferat

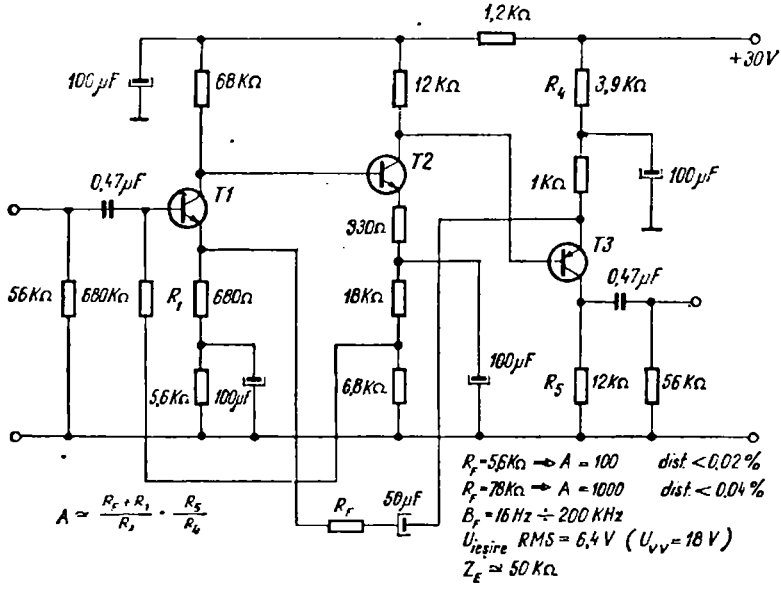


Fig. VI.13. Amplificator liniac cu amplificare mare.

reglajul în sensul reducerii amplificării, deoarece o mărire a ei scade performanţele montajului.

În cazul în care este necesară obţinerea unei amplificări mai mari se poate utiliza schema electrică prezentată în figura VI.13. Se observă adăugarea unui etaj suplimentar de amplificare şi utilizarea unor reacţii multiple pentru optimizarea funcţionării montajului în ceea ce priveşte banda de trecere şi factorul de distorsiuni. Amplificarea finală rezultă din formula:

$$A = (1 + R_f/R_1) \times (R_5/R_4).$$

În vederea obţinerii amplificării dorite se recomandă modificarea valorii rezistenţei R_f. Spre exemplu:

$R_f = 5{,}6$ kΩ, $A = 100$
$R_f = 78$ kΩ, $A = 1\,000$
$B_f = 16$ Hz ... 200 kHz
$Z_i = 50$ kΩ $= Z_e$
$U_{max\ RMS} = 6{,}4$ V.

În cazul cînd este necesară prezenţa unei impedanţe de intrare Z_i foarte mare la intrarea montajului, se preferă utilizarea unei conexiuni boot-strap, utilizînd în acelaşi timp şi un tranzistor cu efect de cîmp. Montaje de acest tip sînt prezentate în figura VI.14, deţin performanţa $Z_i = 2{,}2$ MΩ. *(E.M.)*

4. AMPLIFICATOR DE 10 W

Amplificatorul prezentat în figura VI.15 deţine următoarele performanţe:

— puterea nominală $P = 10$ W;
— impedanţa de sarcină $Z_e = 4$ Ω
— impedanţa de intrare $Z_i = 100$ kΩ
— amplificarea $A = 30$ dB

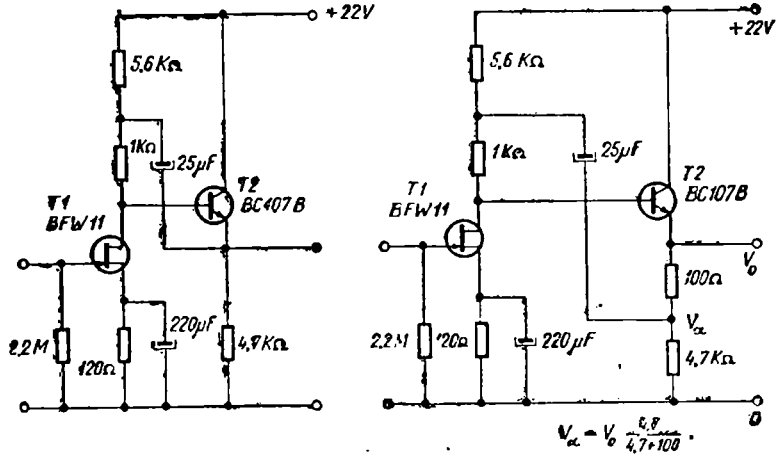


Fig. VI.14. Adaptoare de impedanță.

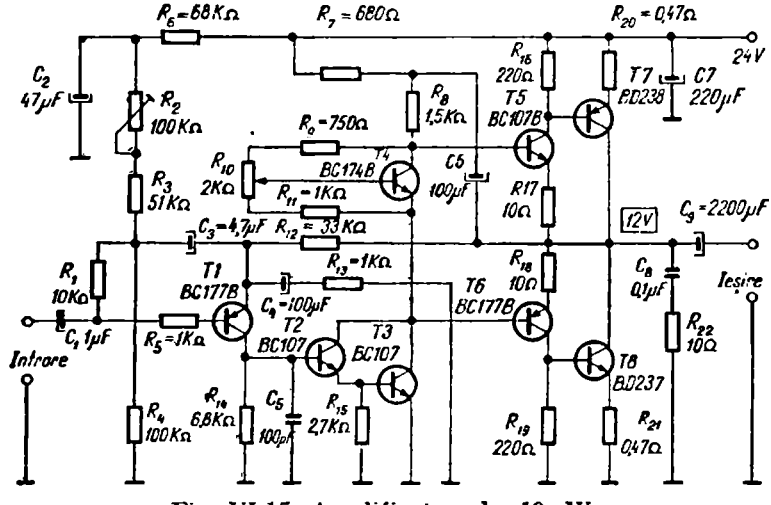


Fig. VI.15. Amplificator de 10 W.

— sensibilitatea $U_i = 200$ mV

— banda de trecere $f = 20$ Hz ... ... 20 000 Hz cu atenuare de = 2 dB la capetele benzii

— THD $\leqslant 0{,}4\%$

Semnalul de audiofrecvență se aplică etajului de intrare care include tranzistorul T_1, prin intermediul condensatorului C_1. Din colectorul tranzistorului T_1 semnalul se aplică etajului pilot, format din tranzistoarele T_2 și T_3, montate într-o astfel de configurație încît să optimizeze funcționarea acestuia. Condensatorul C_5 are rolul de a suprima componentele de frecvență mai înaltă decît 22 kHz. Etajul de polarizare include tranzistorul T_4. El constituie o sursă de

tensiune comandată de tip superdiodă şi se va monta pe radiatorul tranzistoarelor finale (izolat galvanic) în scopul unei compensări termice eficiente. Etajul final este alcătuit din doi dubleţi complementari, de tip super G, în scopul obţinerii unei amplificări mari de curent. Optimizarea funcţionării etajului final şi a etajului pilot este asigurată de conexiunea boot-strap formată din grupul $R_7C_6R_8$. Reglajul amplificatorului constă din stabilirea potenţialului de 12 V al punctului median, acţionînd cursorul potenţiometrului semireglabil R_2 şi ulterior (cu intrarea amplificatorului pusă la masă) reglajul curentului de mers în gol, $I_0 = 15$—20 mA, acţionînd cursorul potenţiometrului semireglabil R_{10}. *(E.M.)*

5. AMPLIFICATOR DE 30 W

Amplificatorul, prezentat în figura VI.16, deţine următoarele performanţe:

— puterea nominală $P = 30$ W
— impedanţa de sarcină $Z_e = 4\ \Omega$
— impedanţa de intrare $Z_i = 43\text{k}\ \Omega$
— amplificarea în tensiune $A \simeq 35$ dB
— sensibilitatea $U_i \simeq 600$ mV
— banda de trecere $f = 12$ Hz... 20 kHz cu o atenuare de 3 dB la capetele benzii
— THD $\leqslant 0{,}4\%$

Semnalul audio de intrare se aplică potenţiometrului P_1, prevăzut pentru reglajul de volum. Ulterior, prin intermediul condensatorului C_1, semnalul audio este filtrat de către grupul $R_1C_2R_2$, prevăzut pentru rejecţia spec-

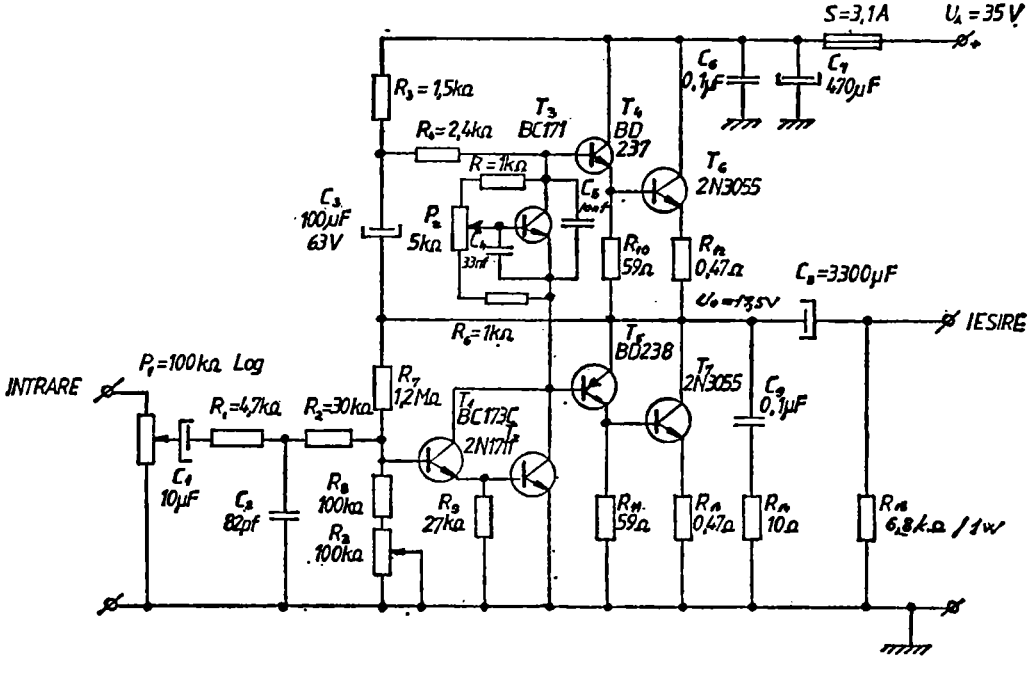


Fig. VI.16. Amplificator de 30 W.

trului de frecvență superior valorii $f = 20$ kHz. Sarcina etajului de intrare și a etajului pilot este asigurată de grupul de tranzistoare T_1 și T_2. Pentru stabilirea punctului median al tensiunii ($U_0 = 17{,}5$ V) a fost prevăzut potențiometrul semireglabil P_3. Polarizarea etajului final în clasa B este efectuată de către dioda multiplicată, realizată cu ajutorul tranzistorului T_3. Optimizarea funcționării etajului final, care conține dubleții T_4T_6 și T_5T_7 este asigurată de conexiunea boot-strap formată de grupul $R_3C_3R_4$. Concomitent, acest gen de conexiune asigură excursia maximă în tensiune a etajului pilot, mărind randamentul etajului final. Pentru prevenirea apariției unor oscilații în etajul final (dubletul *NPN-NPN* comută mai repede decît dubletul *PNP-NPN*) a fost prevăzut grupul C_8R_{14}. Reglajul amplificatorului după realizarea sa practică constă în stabilirea valorii tensiunii punctului median $U_0 = UA/2$, utilizînd potențiometrul semireglabil P_3 și reglajul valorii curentului de mers în gol $I_0 = 40$ mA (cu cursorul potențiometrului P_1 la masă, utilizînd potențiometrul semireglabil P_2). Obligatoriu, tranzistorul T_3 se va monta pe radiatorul tranzistoarelor finale T_6 și T_7 (izolat galvanic) în scopul asigurării compensației termice în mod corespunzător. *(E.M.)*

6. AMPLIFICATOR DE 30 W DE ÎNALTĂ PERFORMANȚĂ

Amplificatorul deține următoarele performanțe:

— puterea nominală: $P = 30$ W
— impedanța de sarcină $Z_e = 4\ \Omega$
— impedanța de intrare $Z_i = 50$ kΩ
— amplificarea în tensiune: $A = 42$ dB
— sensibilitatea $U_i = 250$ mV
— banda de trecere: $f = 16$ Hz ÷ ÷ 19 kHz cu atenuare de = 1 dB la capetele benzii
— THD < 0,15%.

Acest montaj îmbină performanțele ridicate ale circuitelor integrate cu ușurință realizării practice. Schema electrică prezentată în figura VI.17 are ca părți principale etajul de intrare, etajul pilot, circuitul de polarizare al etajului final și etajul final de putere. Semnalul de intrare se aplică prin intermediul condensatorului C_1, la intrarea neinversoare a circuitului integrat βA 741. Acesta îndeplinește simultan funcțiunile etajului de intrare și ale etajului pilot. Tranzistorul T_1 funcționează ca repetor pe emitor, avînd rolul de etaj tampon între amplificatorul operațional și etajul final de putere. Grupul $R_6D_2D_1C_4$ asigură protecția amplificatorului operațional la unde de supratensiune accidentale (la deconectarea amplificatorului) și în același timp optimizează alimentarea acestuia în cazul funcționării amplificatorului în sarcină maximă, atunci cînd valoarea tensiunii de alimentare ar putea scădea. Etajul final lucrează în contratimp, clasa AB, fiind polarizat astfel încît să folosească integral posibilitățile sursei de alimentare. Grupul de tranzistoare $T_5T_6T_7$ și T_8 asigură permanent polarizarea etajului final și în același timp realizează compensarea lui termică într-o gamă foarte mare

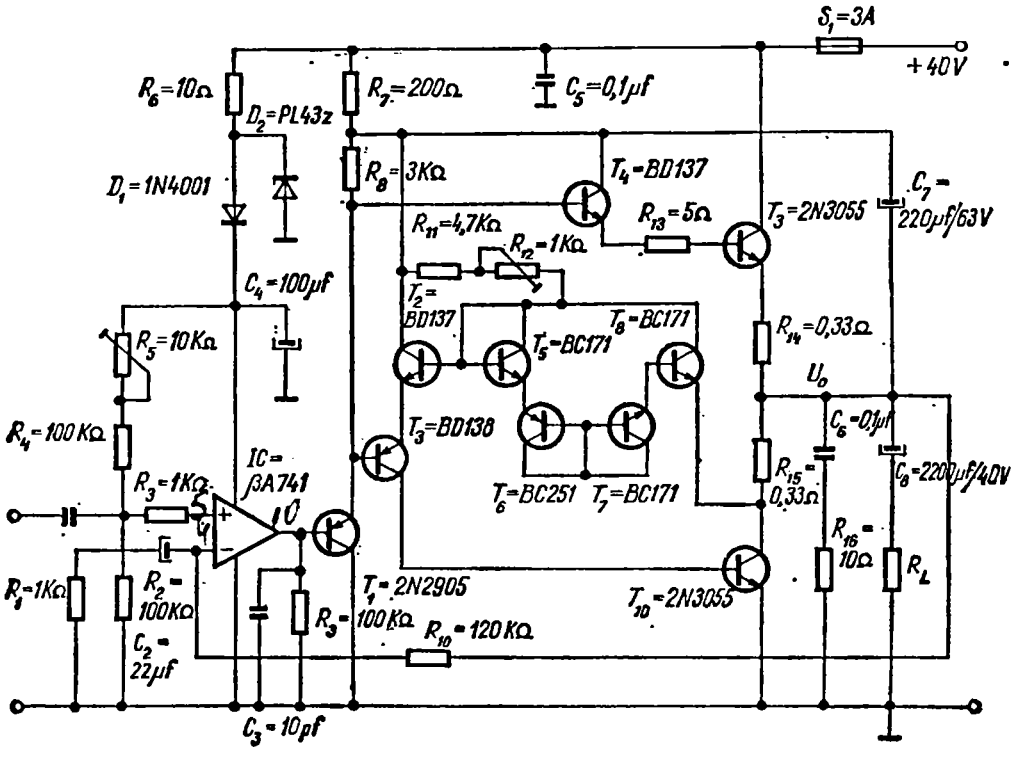


Fig. VI.17. Amplificator de 30 W, de înaltă performanță.

de temperaturi. Tranzistorul T_2 reprezintă un etaj tampon între circuitul de polarizare și etajul final. Etajul final deține dubleții T_4T_9 și T_3T_{10}, sortați astfel încît T_4T_3 și T_9T_{10} vor avea același factor de amplificare h_{21E}. Reglaje:

— se scurtcircuitează intrarea amplificatorului;

— se reglează cu ajutorul rezistenței semireglabile R_5 valoarea tensiunii $U_0 = UA/2$;

— se reglează valoarea curentului de mers în gol, $I_0 = 65$ mA, cu ajutorul rezistenței semireglabile R_{12};

— se scoate ștrapul de la intrare și se vizualizează semnalul 200 mV/1 kHz sinusoidal, de la un generator AF aplicat la intrarea amplificatorului, pe o sarcină $Z_e = 500\ \Omega$;

— în cazul apariției distorsiunilor crossover sau armonice, se va mări puțin valoarea curentului de mers în gol ($I_{0\,max} = 60$ mA), acționînd R_{12}.

— în cazul apariției distorsiunii de tip clipping se va reajusta valoarea tensiunii U_0, în așa fel ca limitarea semnalului, odată cu depășirea valorii maxime a tensiunii de intrare, să fie simetrică pentru cele două semialternanțe ale semnalului de ieșire sinusoidal.

Se menționează că, obligatoriu, grupul de tranzistori $T_5T_6T_7$ și T_8 se

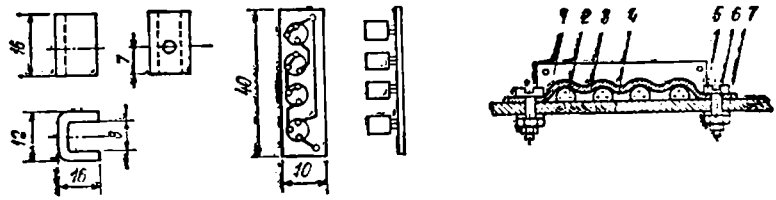


Fig. VI.18. Detalii constructive: 1 — placă cablaj imprimat, 2 — tranzistor, 3 — placă strîngere, 4 — radiator final, 5 — șurub M3, 6 — piuliță M3, 7 — șaibă Grower.

dispune pe radiatorul tranzistorilor finali (izolat galvanic).

În figura VI.18 se arată modul de montare, precum și cablajul imprimat al celor patru tranzistoare care formează dioda multiplicată. Amplificarea finală se poate reajusta potrivit cerințelor, modificînd valoarea rezistenței R_{10} ($A = 1 + R_{10}/R_1$). *(E.M.)*

7. AMPLIFICATOR DE 50 W

Acest amplificator de audiofrecvență deține următoarele performanțe:

— putere nominală $P = 50$ W
— impedanța de sarcină $Z_e = 4\ \Omega$
— impedanța de intrare $Z_i = 100$ kΩ
— amplificarea în tensiune $A = 42$ dB
— sensibilitate $U_i = 1{,}2$ V
— banda de trecere: $f = 15$ Hz ... ... 25 kHz liniară
— $THD \leqslant 0{,}1\%$ ($f = 1\,000$ Hz, $P = 50$ W).

Schema electrică a amplificatorului este prezentată în figura VI.19. Semnalul audio se aplică etajului de intrare prin intermediul condensatorilor C_1C_2, înseriați astfel încît să nu prezinte polaritate. Etajul de intrare este de tip diferențial, asigurînd o comportare foarte bună în privința amplificării și a rejecției zgomotului de fond. Pentru mărirea impedanței de intrare s-a utilizat o conexiune boot-strap, utilizînd grupul $R_1C_5C_6$. Etajul pilot include tranzistorul T_3. Condensatorul C_8 montat între bază și emitorul tranzistorului din etajul pilot limitează banda de trecere a amplificatorului și în același timp previne apariția nedorită a oscilațiilor.

Polarizarea etajului final este realizată de dioda multiplicată realizată cu ajutorul tranzistorului T_4 și al grupului $R_{11}R_{13}R_{12}$. Acest ansamblu se va monta pe radiatorul tranzistorilor finali (izolat galvanic) pentru determinarea unei compensații termice corespunzătoare. În scopul optimizării funcționării atît a etajului pilot, cît și a etajului final, s-au realizat două conexiuni boot-strap pe ambele ramuri ale tensiunii de alimentare ($R_9C_{12}R_{10}$ și $R_{14}C_{13}R_{15}$). Etajul final, format din dublețiile T_5T_6 și T_7T_8 se realizează astfel încît, sortînd tranzistoarele, T_5 și T_7, și evident T_6 și T_8, să aibă același factor de amplificare h_{21e}. Diodele D_2D_3 protejează tranzistorii finali T_6 și T_8 la o conectare accidentală necorespunzătoare a tensiunii de alimentare. Grupul C_{15} R_{21} previne apariția unor oscilații ale eta-

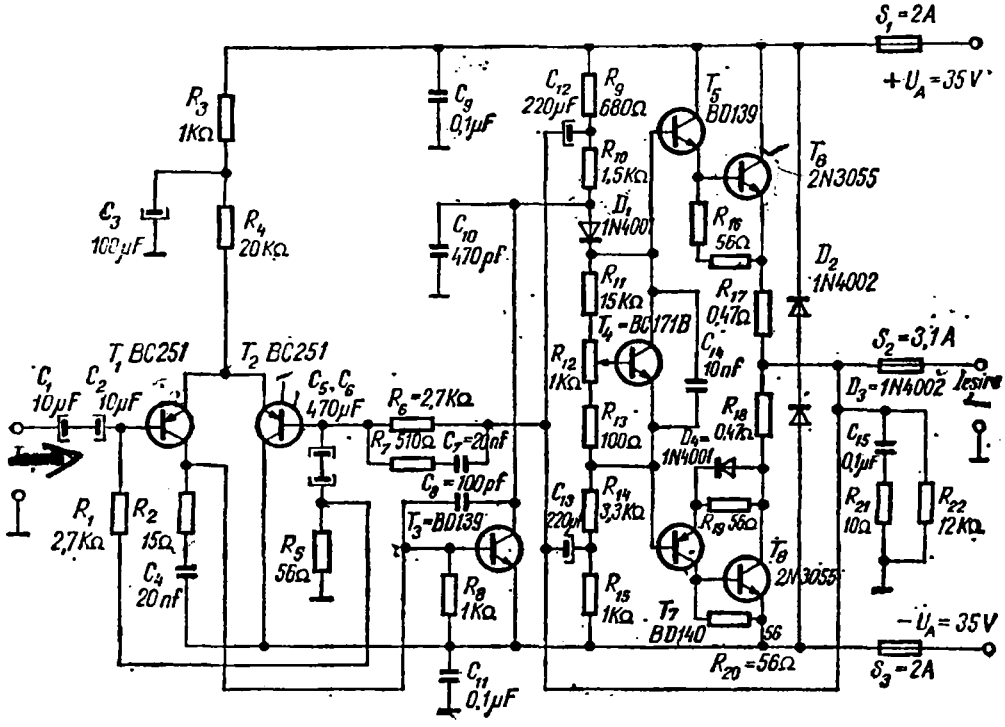


Fig. VI.19. Amplificator de 50 W.

jului final. Alimentarea montajului se realizează folosind o sursă dublă de alimentare, care să prezinte un filtraj corespunzător ($C \geqslant 4\,700$ μF) pe fiecare ramură. Amplificarea totală a montajului este dată de raportul rezistențelor R_6/R_5. Pentru îmbunătățirea amplificării în ceea ce privește frecvențele înalte s-a prevăzut în paralel cu rezistența R_6 grupul R_7C_7. Grupul $R_6C_7R_7$ constituie calea de reacție negativă, aplicată în baza tranzistorului T_2, care face parte din amplificatorul diferențial de intrare.

Reglaje și punerea în funcțiune:

— se scurtcircuitează intrarea amplificatorului, după care se reglează curentul de mers în gol $I_0 = 50$ mA, cu ajutorul rezistenței semireglabile R_{12}.

— se scoate ștrapul de la intrare, se aplică de la un generator AF un semnal de 1,2 V/1 000 Hz sinusoidal și se vizualizează cu un osciloscop forma de undă a semnalului, folosind pentru amplificator o sarcină de 500 Ω. Dacă apar distorsiuni (puțin probabil) se va mări valoarea curentului de mers în gol, $I_{o\,max} = 70$ mA, până la dispariția totală a distorsiunilor.

Se recomandă montarea tranzistorilor T_1 și T_2 pe un radiator comun. Obligatoriu T_1 și T_2 vor avea același factor de amplificare h_{21e}, diferența admisă fiind de maximum 1%. *(E.M.)*

8. AMPLIFICATOR DE 60 W

Amplificatorul deține următoarele performanțe:

— putere nominală $P = 60$ W
— impedanța de sarcină $Z_e = 4\ \Omega$
— impedanța de intrare $Z_i = 85$ kΩ
— amplificarea în tensiune $A =$ — 175 (45 dB)
— sensibilitatea $U_i = 200$ mV
— banda de trecere $f = 12$ Hz ... ... 23 kHz
— THD $\leqslant 0{,}4\%$

Semnalul audio se aplică la intrarea montajului (fig. VI.20), filtrului $R_1C_1R_2$. Acesta blochează semnalele cu spectrul de frecvență mai mare de 25 kHz. Ulterior, prin intermediul condensatorului C_5 semnalul audio filtrat se aplică în baza tranzistorului T_1. Tranzistoarele T_1 și T_2, sortate identice ca factor de amplificare H_{21e}, formează un amplificator diferențial, care oferă montajului proprietăți foarte bune în privința rejecției zgomotului de fond și al brumului de rețea. Se recomandă montarea tranzistorilor T_1 și T_2 pe un mic radiator comun. Din colectorul tranzistorului T_1, prin intermediul grupului $R_{12}C_5$ semnalul se aplică în baza tranzistorului T_3 care formează etajul pilot. Tranzistorul T_4 realizează polarizarea etajului final, fiind montat în sistemul diodă multiplicată. Etajul final este format din dublețiI complementari T_5T_7 și T_6T_8, sortați astfel încît T_5 și T_6, respectiv T_7 și T_8 să aibă același factor de amplificare h_{21E}. Tranzistorul T_4 se montează obligatoriu pe radiatorul tranzistorilor finali (evident, izolat galvanic). Cuplajul cu sarcina se face prin

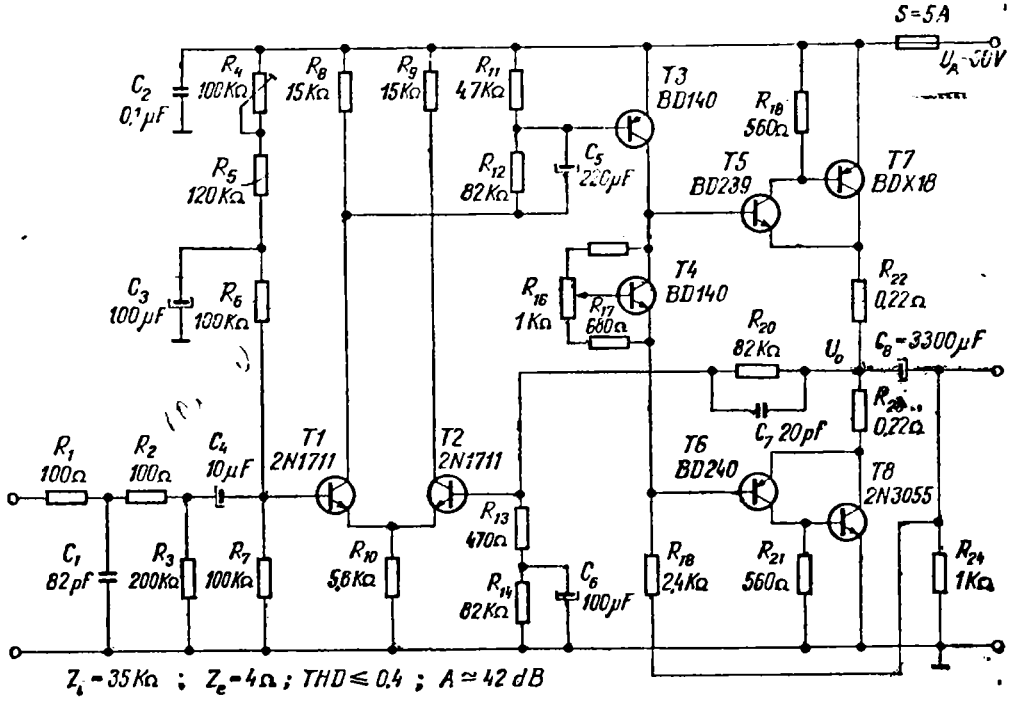


Fig. VI.20. Amplificator de 60 W.

intermediul condensatorului C_8. Rezistența R_{24} are o dublă destinație. Ea constituie, alături de sarcina etajului pilot și o cale de reacție negativă care optimizează funcționarea amplificatorului.

Montajul se realizează îngrijit, asigurînd tranzistorilor finali un radiator care să poată disipa o putere de cca 40 W.

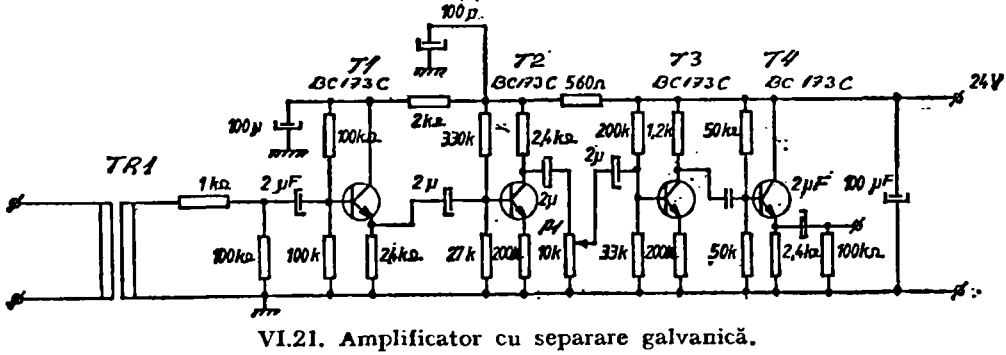
Reglajul amplificatorului constă în stabilirea unui curent de mers în gol de circa 80 mA, acționînd cursorul potențiometrului semireglabil R_{16}. Ulterior se stabilește potențialul punctului median, $U_0 = 30$ V, acționînd cursorul potențiometrului semireglabil R_4.

Reglajele menționate anterior se efectuează cu intrarea amplificatorului conectată la masă. După aceasta se reverifică valoarea curentului de mers în gol și dacă este necesar se acționează din nou cursorul semireglabilului R_{16} în scopul obținerii valorii prescrise. *(E.M.)*

9. AMPLIFICATOR CU SEPARARE GALVANICĂ

Atunci cînd se pune problema realizării unei amplificări a unui semnal audio și în același timp separarea galvanică de sursa de semnal se poate realiza montajul prezentat în figura VI.21.

Transformatorul de cuplaj TR_1 se realizează folosind tole de permalloy sau alt material pentru circuitul magnetic, astfel încît să fie evitată saturarea lui sau atenuarea semnalului util la frecvențe înalte. Se recomandă un miez de circa 16 mm², iar conductorul de bobinaj va avea diametrul de 0,08 ... 0,1 mm. Raportul de transformare va fi de 1:1, bobinîndu-se circa 1 500 ... 2 000 spire pentru cele două înfășurări. Semnalul electric se aplică din secundarul transformatorului TR_1 etajului repetor pe emitor care conține tranzistorul T_1. Etajele care conțin tranzistoarele T_2 și T_3 reprezintă amplificatoare de tensiune, cu ajutorul potențiometrului P_1 realizîndu-se o amplificare reglabilă A_e (1 ... 50). Ultimul etaj, care conține tranzistorul T_4, reprezintă tot un repetor pe emitor. Acesta are rolul de adaptare între amplificator și sarcină, impedanța de ieșire fiind de circa $Z_e = 1$ kΩ. Proiectarea etajelor asigură trecerea unei benzi de frecvențe audio cu limitele $f =$ (20 Hz ... 20 000 Hz) cu distorsiuni minime.



VI.21. Amplificator cu separare galvanică.

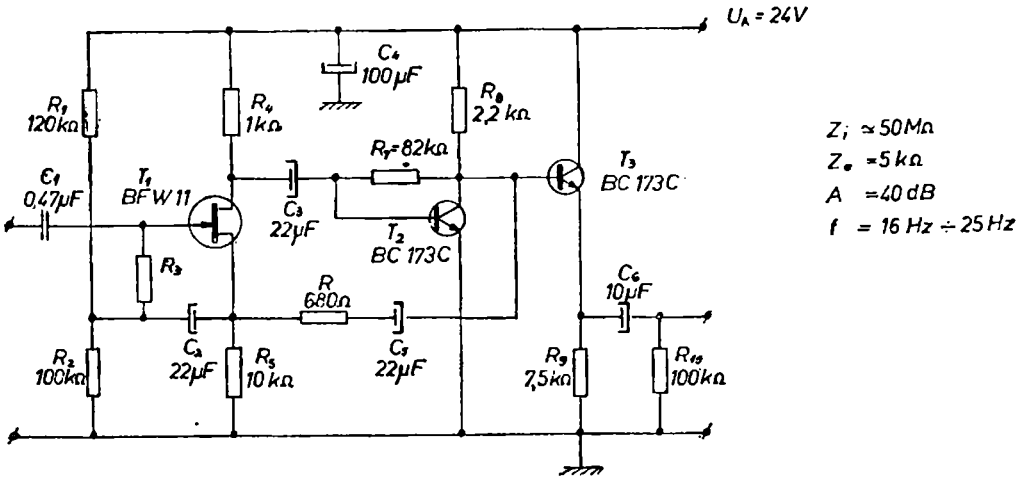


Fig. VI.22. Amplificator cu impedanță mare de intrare.

10. AMPLIFICATOR CU IMPEDANȚĂ MARE DE INTRARE

Montajul prezentat în figura VI.22 face parte din categoria amplificatoarelor de audiofrecvență cu intrarea astfel proiectată încît să ofere o impedanță de intrare foarte mare. Performanțele montajului:

$A = 40$ dB
$Z_i = 50$ MΩ
$Z_e = 5$ kΩ
$f = 16$ Hz ... 25 000 Hz

Analizînd schema electrică, se observă folosirea unui tranzistor de tip TEC, care prin construcția sa oferă proprietăți foarte bune în privința curentului absorbit de grilă. Suplimentar, pentru îmbunătățirea performanțelor s-a prevăzut o conexiune boot-strap, care determină în final un consum de curent aproape nul, deci o impedanță foarte mare de intrare(R_3=1MΩ).

Prin intermediul condensatorului C_3 semnalul este preluat din drena tranzistorului T_1 și aplicat etajului de amplificare care conține tranzistorul T_2. Polarizarea tranzistorului T_2 este asigurată de rezistorul R_7. Din colectorul tranzistorului T_2 semnalul se aplică galvanic etajului repetor pe emitor în care este inclus tranzistorul T_3. Acest etaj are rolul de a oferi montajului o impedanță de ieșire convenabilă, de valoare redusă. În vederea limitării amplificării finale a montajului și a asigurării unui semnal de ieșire care să prezinte distorsiuni minime, s-a prevăzut bucla de reacție negativă formată din grupul C_5R_6.

Montajul poate fi utilizat ca adaptor de intrare pentru un voltmetru de curent alternativ care măsoară valori mici ale tensiunii, oferind acestuia o impedanță de intrare convenabilă. *(E.M.)*

11. MEGAFON PORTABIL

La realizarea unui megafon portabil necesar în activitățile sportiv-cultu-

rale, o problemă esențială este autonomia sursei de alimentare. Durata de exploatare a bateriei sau a acumulatorului depinde de puterea debitată de amplificator și de randamentul acestuia. Se știe că randamentul cel mai bun se obține în clasa D de amplificare unde tranzistorul final lucrează în comutație, iar informația utilă este transmisă prin modulația în durată a impulsurilor. În figura VI.23 prezentăm un amplificator de putere de 6 ... 8 W în clasă D.

Descrierea schemei de principiu. Poarta *a* și *b* din circuitul integrat CDB 400 formează un circuit basculant astabil care produce impulsuri dreptunghiulare cu frecvența de circa 100 kHz. Aceste impulsuri vor produce periodic bascularea circuitului monostabil format din porțile *c* și *d* ale aceluiași CDB 400. Perioada de basculare a circuitului monostabil depinde de valoarea capacitorului $C = 1$ nF și de rezistența rezultată dintre 510 ohmi în paralel cu rezistența echivalentă colector-emitor a tranzistorului T_1. În absența tensiunii de audiofrecvență de la intrare, rezistența echivalentă este constantă și depinde de polarizarea bazei lui T_1 care se poate ajusta cu $P = 2{,}5$ kΩ liniar. În acest mod de lucru, etajul Darlington format din T_2 și T_3 primește impulsuri dreptunghiulare de durată constantă. Dat fiind frecvența indicată, de circa 100 kHz, aceste semnale nu sînt reproduse de difuzor. Cînd la intrare se aplică un semnal de audiofrecvență cu nivel de 300 ... 500 mV, provenit de la preamplificatorul de microfon, rezistența echivalentă din constanta de timp *RC* a circuitului basculant monostabil se modifică în funcție de acest semnal. Astfel durata (lățimea) impulsurilor se va modifica în ritmul semnalului de audiofrecvență. Acest semnal este amplificat de etajul final T_2—T_3 și aplicat difuzorului. Este de remarcat că demodularea impulsurilor modulate în du-

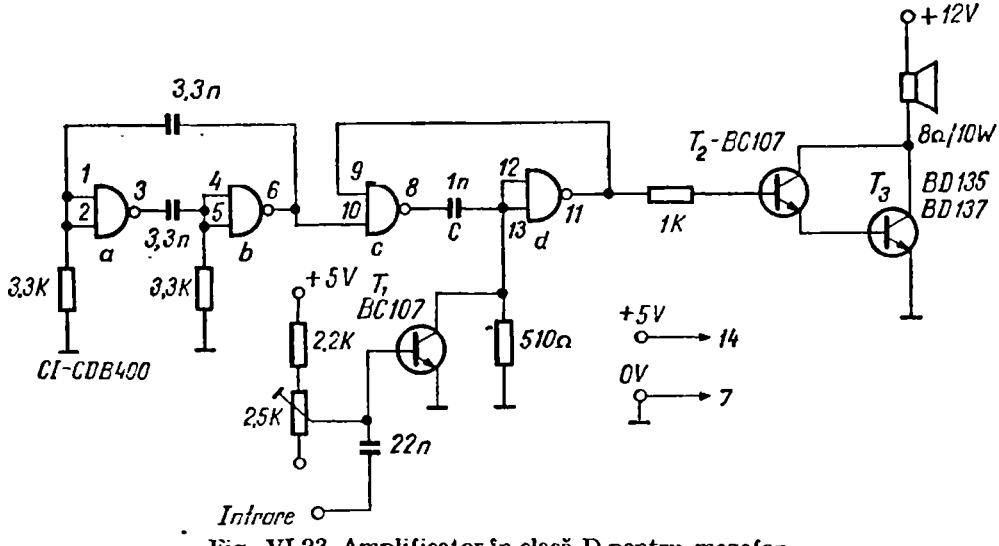


Fig. VI.23. Amplificator în clasă D pentru megafon.

rată nu se face cu un anume circuit, ci chiar difuzorul efectuează această funcțiic.

Recomandări constructive și reglaje. Montajul se realizează pe un cablaj imprimat simplu placat. Tranzistorul final BD 135 sau BD 137 se montează pe un radiator de tablă de aluminiu de 2 mm și suprafața de 12 cm². Referitor la tranzistorul fi nal, trebuie să facem precizarea că el trebuie să fie suficient de rapid (f_T mare) pentru a putea amplifica impulsurile cu fronturi cît mai bune. Un tranzistor cu f_T mai mic, cum ar fi 2N 3055, nu dă rezultate, rotunjind impulsurile. Dacă radiatorul este în contact electric cu masa, atunci tranzistorul trebuie izolat de radiator cu o plăcuță de mică sau folie de policarbonat. După rea lizarea montajului și verificarea corectitudinii plantării pieselor, se alimentează de la sursa de tensiune. Pentru reglaje ar fi ideal un osciloscraf pentru vizualizarea formelor impulsurilor. Dar cu răbdare se poate lucra și fără acesta. Dacă intrarea de semnal o conectăm la masă difuzorul nu trebuie să producă nici un sunet, chiar dacă vom deplasa poziția cursorului semireglabilului de 2,5 kΩ de la un capăt la celălalt. Se aplică la intrare, de la un generator de joasă frecvență, un semnal de 1 000 Hz și nivel de circa 400 mV. Se reglează semireglabilul astfel ca semnalul acustic redat de difuzor să fie de intensitate și de claritate maximă. Se modifică apoi nivelul semnalului de intrare între 350 ... 600 mV și se urmărește același lucru. În cazul că nu există o sursă de semnal de audiofrecvență, reglajul se poate face și prin preamplificatorul de microfon, căutîndu-se obținerea intensității și clarității maxime a vocii redate. Amplificatorul de putere în clasă D, descris aici, consumă între 0,85 ... ... 1,1 A cînd este bine reglat. Caracteristica de frecvență este liniară, între 0 ... 15 kHz și distorsiunile la 5 W sînt sub 5%. *(E.M.)*

CAPITOLUL VII

DESPRE MIXERE, CORECTOARE DE TON, LIMITATOARE DINAMICE DE ZGOMOT ȘI EGALIZOARE GRAFICE

1. MIXER CU DOUĂ INTRĂRI

Mixerul prezentat în fig. VII.1 deține următoarele performanțe:

— banda de trecere,
$f = 20$ Hz ... 22 kHz
— impedanța de intrare a fiecărei intrări, $Z_i = 2$ MΩ
— impedanța de ieșire, $Z_e = 100$ Ω
— distorsiuni maxime, THD = 0,5%
— raport semnal-zgomot ⩾ 65 dB

Pentru adaptarea impedanței de intrare a fiecărei intrări la impedanțele diverse ale unor surse de semnal, etajele de intrare care includ tranzistoarele T_1 și T_2 sînt prevăzute cu cîte o conexiune boot-strap. Însumarea celor două semnale de audiofrecvență se realizează în colectorii celor două tranzistoare T_1 și T_2. Această modalitate de însumare permite o separare perfectă din punct de vedere electric al celor două surse de semnal, excluzîndu-se cu desăvîrșire posibilitatea unor influențe reciproce. Semnalul-sursă din colectorii celor două tranzistoare T_1 și T_2 este aplicat etajului repetor pe emitor care conține tranzistorul T_3. Acest etaj realizează o impedanță de ieșire convenabilă mixerului, în scopul unor posibilități diverse de adaptare la alte montaje (corector de ton, amplificator de putere etc.). Pentru realizarea unui raport semnal-zgomot cît mai ridicat s-a utilizat o

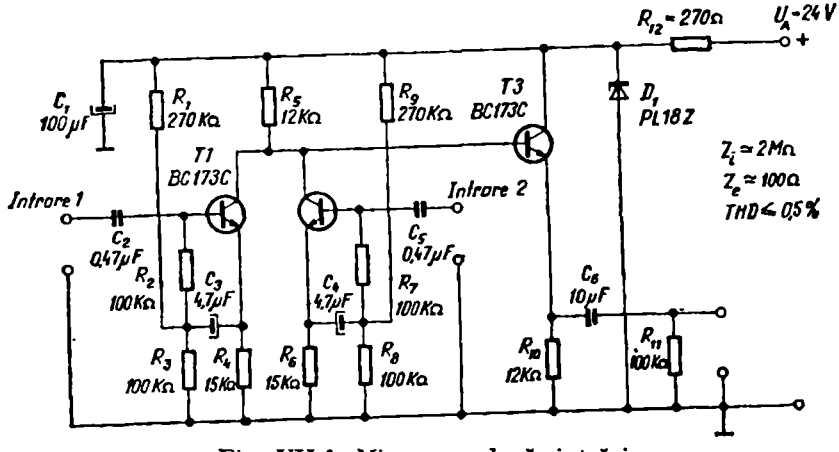


Fig. VII.1. Mixer cu două intrări.

filtrare suplimentară a tensiunii de alimentare, realizată de grupul $R_{12}D_1C_1$. *(E.M.)*

2. MIXER CU TREI INTRĂRI

Schema electrică a mixerului cu trei intrări este prezentată în fig. VII.2. Montajul deține următoarele performanțe:

— banda de trecere, $f = 15$ Hz ... 25 kHz
— impedanța de intrare a celor 3 intrări, $Z_i = 100$ kΩ
— impedanța de ieșire, $Z_e = 1$ kΩ
— Distorsiuni maxime, $THD \leq 0{,}3\%$
— raportul semnal-zgomot ≥ 65 dB

Semnalele de intrare se aplică la cele trei intrări ale mixerului, existînd posibilitatea de reglaj al nivelului. Ulterior semnalele audio se aplică etajelor de intrare care conțin tranzistoarele T_1, T_2 și T_3. Polarizarea etajelor de intrare este asigurată de grupul R_{14}, R_{15}, C_5, iar separarea surselor de semnal de rezistorii R_4, R_5 și R_6. Însumarea celor trei semnale este realizată în colectoarele celor trei tranzistoare T_1, T_2 și T_3. Ulterior semnalul sursă este aplicat prin cuplaj galvanic tranzistorului T_4. Acesta realizează un etaj tip repetor pe emitor, care oferă mixerului o impedanță de ieșire redusă, în vederea cuplării lui la alte

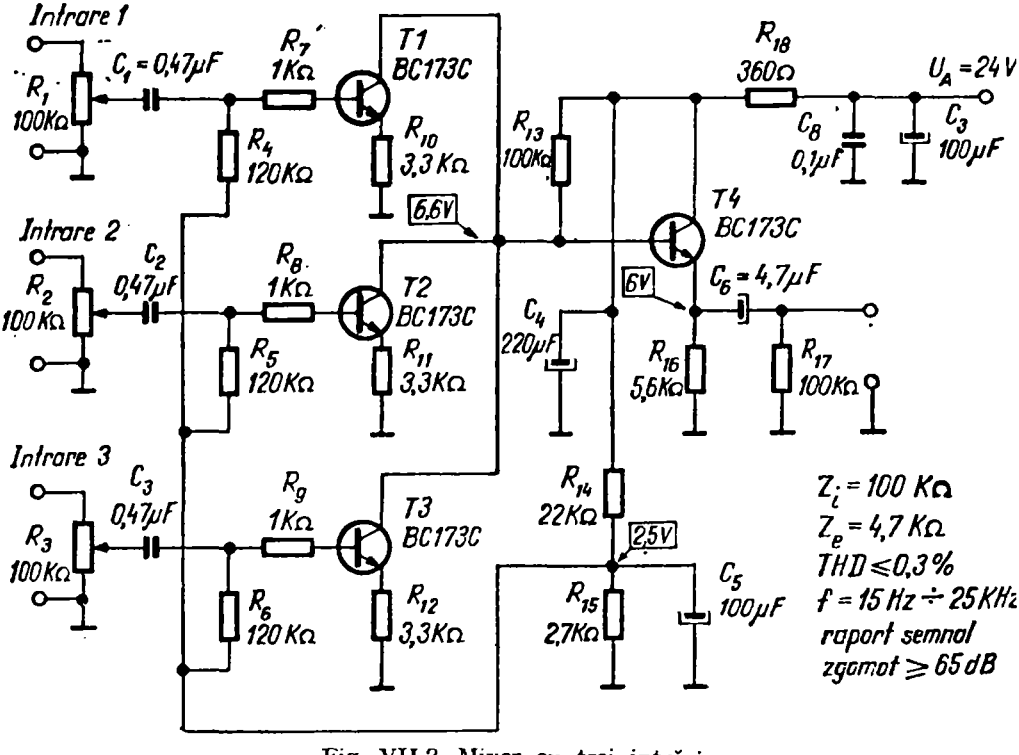


Fig. VII.2. Mixer cu trei intrări.

montaje (amplificator, corector de ton etc).

Montajul se alimentează de la o sursă de tensiune stabilizată şi bine filtrată. Grupul $R_{13}C_8C_9$ efectuează un filtraj suplimentar al tensiunii de alimentare. Se recomandă realizarea montajului cît mai compactă, iar cuplajele galvanice cu potenţiometrii R_1, R_2, R_3 se vor face obligatoriu cu conductor ecranat.

3. CONTROLUL VOLUMULUI ÎN CURENT CONTINUU

Montajul, prezentat în figura VII.3, înlătură inconvenientul trecerii unui semnal de audiofrecvenţă printr-un potenţiometru de reglaj, care în timp se poate degrada şi devine o sursă sigură de zgomot. Semnalul audio se aplică prin intermediul condensatorului C_1 etajului defazor care conţine tranzistorul T_1. Faţă de semnalul din emitor, semnalul din colector este defazat cu 180°, deci dacă în bază am aplicat semnalul a, în emitor vom găsi semnalul A, iar în colector $-A$. Cele două semnale A şi $-A$ se adună prin intermediul rezistenţelor R_7, R_8 şi al potenţiometrului semireglabil R_9. Modificînd poziţia cursorului potenţiometrului R_9 se poate realiza mixarea în aşa fel încît semnalul aplicat la intrarea etajului care conţine tranzistorul T_3 (în baza acestuia) să fie nul. Tranzistorul T_2 are rolul unei rezistenţe comandate pe tensiune. Aplicînd o tensiune pozitivă pe grila tranzistorului T_2 de tip TEC, rezistenţa acestuia va scădea, scurtcircuitînd în mod progresiv semnalul $-A$ preluat din colectorul tranzistorului T_1 prin intermediul condensatorului C_3. Rezultă că modificînd potenţialul continuu aplicat pe grila tranzistorului T_2, se măreşte în mod progresiv semnalul de audiofrecvenţă captat de tranzistorul T_3 prin intermediul cursorului potenţiometrului semireglabil R_9 (a cărui valoare a fost fixată şi rămîne în permanenţă constantă). Practic mărind o tensiune continuă am mărit nivelul semnalului alternativ. Tranzistorul T_4 realizează un etaj tampon între ieşirea montajului şi tranzistorul T_3 în scopul unei funcţionări optime (de fapt un etaj repetor pe emitor). Componentele necesare realizării prac-

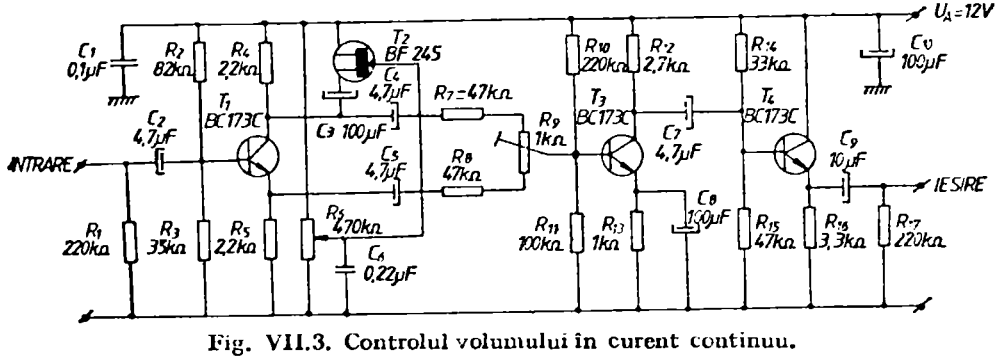


Fig. VII.3. Controlul volumului în curent continuu.

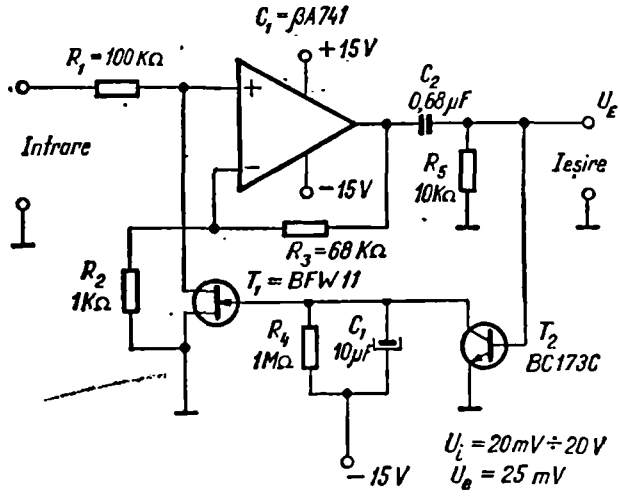


Fig. VII.4. Compresor de dinamică.

tice a montajului vor fi de cea mai bună calitate, rezistoarele R_4 și R_5 în clasa de toleranță 1% iar condensatoarele C_3, C_5 și C_4 vor fi cu tantal. *(E.M.)*

4. COMPRESOR DE DINAMICĂ

Există situații în care un semnal de audiofrecvență trebuie să fie menținut între niște limite relativ constante. O astfel de situație apare în cazul înregistrării unui semnal audio furnizat de un microfon. Datorită diferenței de nivel importantă, creată atît de către sursa sonoră cît și de distanța uneori aleatoare dintre sursa sonoră și microfon, semnalul de ieșire amplificat prezintă o dinamică importantă. În această formă el nu poate fi asimilat în cadrul unei înregistrări decît cu pierderi importante, limitări, distorsiuni etc. În vederea eliminării acestui inconvenient au apărut etajele compresoare de dinamică. Ele furnizează un semnal de ieșire aproape constant ca nivel, indiferent de variațiile nivelului semnalului de intrare. Compresorul de dinamică prezentat în fig. VII.4 furnizează la ieșirea sa un semnal de circa 25 mV, tensiunea de intrare avînd nivelul variabil între 20 mV ... ... 20 V (60 dB).

Semnalul de intrare se aplică prin intermediul rezistorului R_1 la intrarea neinversoare a amplificatorului operațional A_1. Rezistorul R_1 formează împreună cu tranzistorul FET, T_1, montat ca rezistor variabil, un divizor de tensiune comandat. Comanda se realizează de către nivelul semnalului de ieșire care prin intermediul tranzistorului tampon T_2 încarcă mai mult sau mai puțin cu o tensiune continuă condensatorul C_1. Dacă nivelul semnalului de intrare crește, crește și nivelul semnalului de ieșire, crește deci și tensiunea continuă de la bornele condensatorului C_1. Această tensiune crescînd „deschide" mai mult tranzistorul

T_1, deci îi micşorează rezistenţa echivalentă drenă-sursă, deci scade semnalul de la intrarea amplificatorului operaţional A_1 furnizat de divizorul rezistiv R_1—T_1. În acest fel se menţine un nivel practic constant al semnalului de ieşire furnizat de amplificatorul operaţional, A_1, deci furnizat de compresorul de dinamică. *(E.M.)*

5. CORECTOR DE TON

Unul din cele mai răspîndite tipuri de corector de ton, datorită simplităţii şi eficacităţii sale îl reprezintă corectorul de ton Baxandall. În fig. VII.5 este prezentată o variantă cu proprietăţi îmbunătăţite, care a dat rezultate practice foarte bune.

Semnalul de intrare se aplică tranzistorului T_1 care este amplasat într-un etaj tip repetor pe emitor. Acest lucru este absolut necesar pentru buna funcţionare a montajului, deoarece repetorul pe emitor realizează un tampon între sursa de semnal şi reţeaua pasivă tip Baxandall. Se observă prezenţa în cadrul reţelei a celor două potenţiometre de reglaj, cu ajutorul cărora se stabileşte nivelul corecţiei atît în privinţa frecvenţelor joase cît şi a celor înalte. Ulterior, semnalul prelucrat este aplicat etajului amplificator de tensiune care conţine tranzistorul T_2, prin intermediul condensatorului C_7. Pentru a nu influenţa nivelul semnalului preluat din colectorul tranzistorului T_2, s-a prevăzut un al doilea etaj repetor pe emitor, care conţine tranzistorul T_3. Acesta oferă la ieşirea montajului o impedanţă de ieşire scăzută, convenabilă pentru cuplajul cu un eventual amplificator de putere. În scopul reducerii zgomotului de fond şi al brumului de reţea s-a prevăzut filtrajul suplimentar al tensiunii de alimentare, realizat cu ajutorul grupului $R_{21}D_1C_4$. La realizarea practică a montajului se vor folosi componente electrice de bună calitate, iar cuplajele

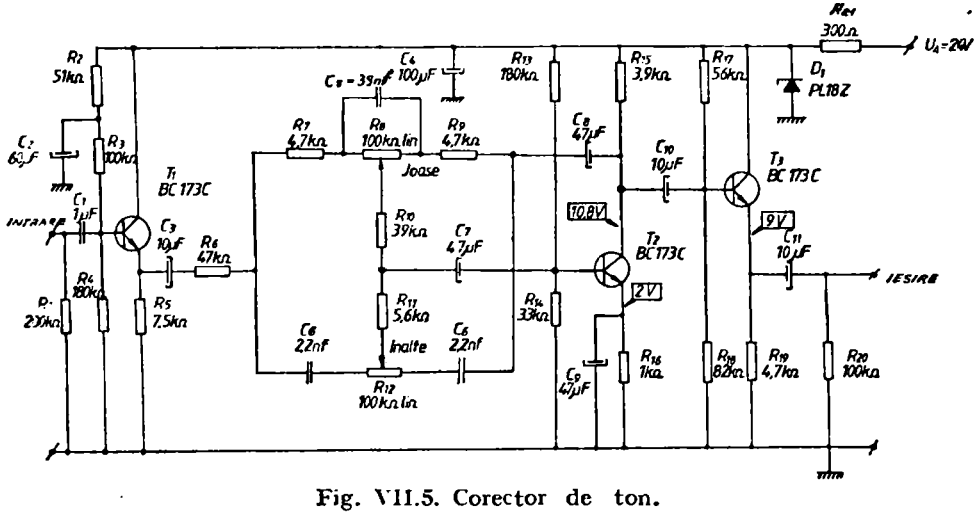


Fig. VII.5. Corector de ton.

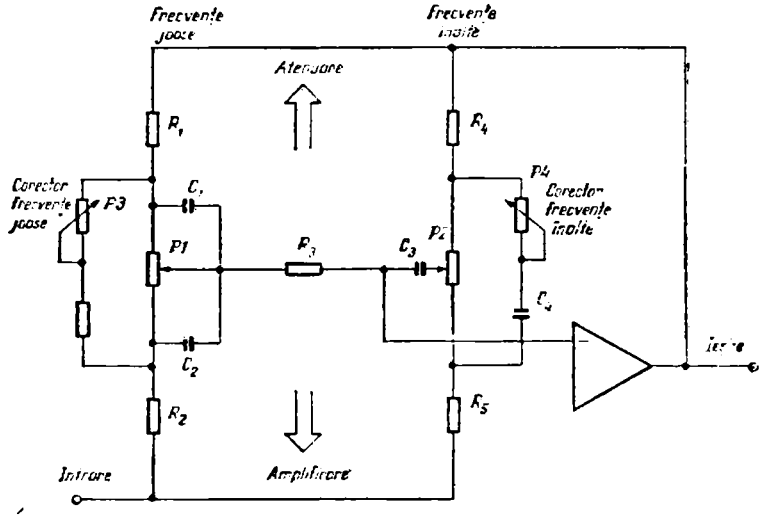


Fig. VII.6. Corector de ton Baxandall modificat.

galvanice de la intrare, ieşire şi la cei doi potenţiometri se realizează obligatoriu cu conductor ecranat. *(E.M.)*

6. CORECTOR DE TON CU POSIBILITĂŢI MULTIPLE

Pentru îmbunătăţirea unei audiţii muzicale conform preferinţelor ascultătorului, accentuarea sau dezaccentuarea unei porţiuni din banda de audiofrecvenţă se efectuează în cadrul amplificatorului de audiofrecvenţă de către etajul corector de ton. Majoritatea corectoarelor de ton sînt de tip Baxandall. Acest circuit, folosit frecvent datorită simplităţii sale, prezintă totuşi unele deficienţe. Dezavantajul esenţial al unui circuit Baxandall clasic îl constituie efectul de corecţie foarte mare la extremele benzii de audiofrecvenţă. S-a pus problema modificării circuitului Baxandall, în aşa fel ca în urma schimbărilor efectuate să nu se complice prea mult montajul, să fie lărgite posibilităţile sale de lucru şi să nu fie afectate performanţele în ceea ce priveşte banda de frecvenţe de lucru, nivelul distorsiunilor şi al zgomotului de fond.

Schema electrică de principiu a circuitului Baxandall modificat este prezentată în fig. VII.6. Se observă adăugarea potenţiometrilor P_3 şi P_4 care pot modifica în limite destul de largi nivelul corecţiilor efectuate de potenţiometrii P_1 şi P_2. Rezistenţele înseriate cu potenţiometrii P_3 şi P_4 au rolul de evitare a şuntării potenţiometrilor P_1 şi P_2. În scopul bunei comportări la frecvenţe înalte, P_4 a fost izolat galvanic de P_3 prin înserierea cu condensatorul C_4.

Schema electrică completă a corectorului de ton Baxandall modificat este prezentat în fig. VII.7. Semnalul audio util se aplică corectorului prin

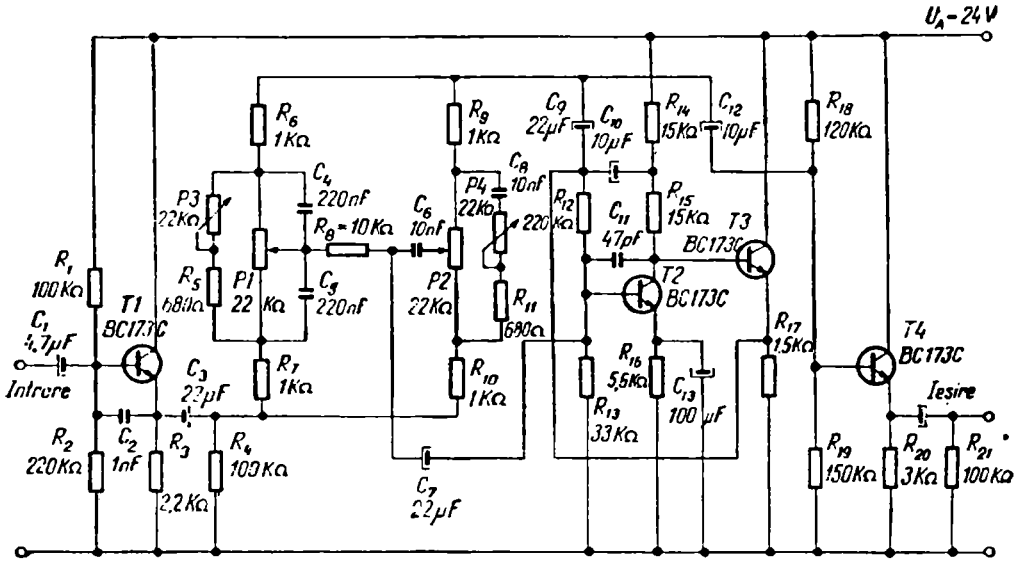


Fig. VII.7. Schema electrică a corectorului de ton Baxandall modificat.

intermediul condensatorului C_1. Etajul de intrare care conţine tranzistorul T_1 reprezintă un repetor pe emitor. Acest tip de etaj are rol de adaptare între impedanţa de ieşire a sursei de semnal şi impedanţa de intrare a corectorului. Semnalul audio util obţinut în emitorul tranzistorului T_1 este aplicat reţelei modificate de corecţie Baxandall, şi ulterior etajului următor, care conţine tranzistorii T_2 şi T_3 prin intermediul condensatorului C_7. Acest etaj constituie un amplificator de bandă largă, necesar compensării atenuării introduse de reţeaua de corecţie. Datorită conexiunii de tip boot-strap etajul oferă montajului avantajul unei amplificări mari cu distorsiuni minime. Atît condensatorul C_2 cît şi condensatorul C_{11} au rolul de reducere la minim a instabilităţii montajului şi evitarea completă a posibilităţii apariţiei oscilaţiilor. De asemenea, configuraţia în curent continuu a etajului implică o bună stabilitate termică într-un domeniu larg de temperaturi.

Etajul de ieşire conţine tranzistorul T_4, şi reprezintă un repetor pe emitor care de asemeni are rolul unui adaptor de impedanţă, necesar bunei funcţionări a corectorului. Funcţionarea corectorului. este descrisă de către diagramele prezentate în fig. VII. 8. Ele

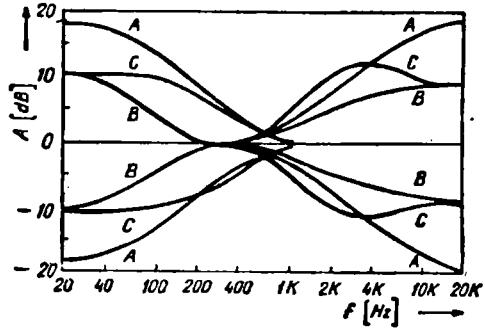


Fig. VII.8. Diagramele amplitudine-frecvenţă ale corectorului de ton Baxandall modificat.

reprezintă funcționarea în trei cazuri limită și anume:

— diagramele *A* reprezintă cazul în care potențiometrii P_1 și P_2 sînt acționați la nivel maxim, iar potențiometrii P_3 și P_4 au valoarea maximă;

— diagramele *B* reprezintă cazul în care potențiometrii P_1 și P_2 sînt acționați la nivel mediu, iar potențiometrii P_3 și P_4 au valoarea rezistivă maximă;

— diagramele *C* reprezintă cazul în care potențiometrii P_1 și P_2 sînt acționați la valoarea maximă iar potențiometrii P_3 și P_4 prezintă valoarea zero.

Circuitul se realizează în varianta mono sau stereo, pe o plăcuță de sticlostratitex placat cu folie de cupru, ținînd cont de toate precauțiunile necesare realizării acestui gen de montaj (lipsa buclei de masă, trasee cît mai scurte, ansamblu compact etc.). Conexiunile dintre potențiometri și cablaj se efectuează obligatoriu cu conductor ecranat. Componentele utilizate vor fi de bună calitate pentru obținerea unor rezultate care să încadreze montajul în categoria HI-FI. *(E.M.)*

7. CORECTOR DE TON HUTCHINSON

Amatorul de tehnica sunetului deseori constată că limitele de reglaj ale corectorului de ton nu sînt satisfăcătoare. În adevăr corectorul de ton Baxandall are limitele de ridicare sau tăiere a frecvențelor de la capetele benzii de audiofrecvență în jur de ± 20 dB. Sînt situații în studioul de sunet (amatoricesc) cînd aceste limite nu sînt suficiente, mai ales în muzica electronică. Aceste constatări au dus la realizarea unor corectoare de ton cu limite de reglaj mai largi. Un asemenea corector larg răspîndit în ultimii ani este corectorul de ton Hutchinson, la care se obțin limite de reglaj între ± 35 dB. Vom prezenta principiul de funcționare al corectorului și o schemă practică la îndemîna oricui (vezi figura VII.9).

Principiul corectorului de ton Hutchinson este ilustrat în figura VII.10 a. La intrarea neinversoare a unui amplificator operațional se aplică printr-o rețea selectivă *RC* semnalul de audiofrecvență. Tot printr-o rețea selectivă *RC* se realizează o buclă de reacție negativă de la ieșire la intrarea inversoare. Rețelele selective sînt alcătuite din două filtre, unul trece jos și altul trece sus, care conțin rezistoarele reglabile necesare controlului.

Prin acționarea potențiometrelor se pot obține diferite caracteristici de frecvență (figura VII.11). În această figură se prezintă cu linie întreruptă, pentru comparație, și graficul corespunzător corectorului de ton Baxandall. *(I.S.)*

8. CORECTOR DE TON TIP LOUDNESS

Montajele electronice de tip Loudness reprezintă filtre de audiofrecvență astfel concepute încît să micșoreze nivelul frecvențelor medii din banda audio. În acest fel, aspectul frecven-

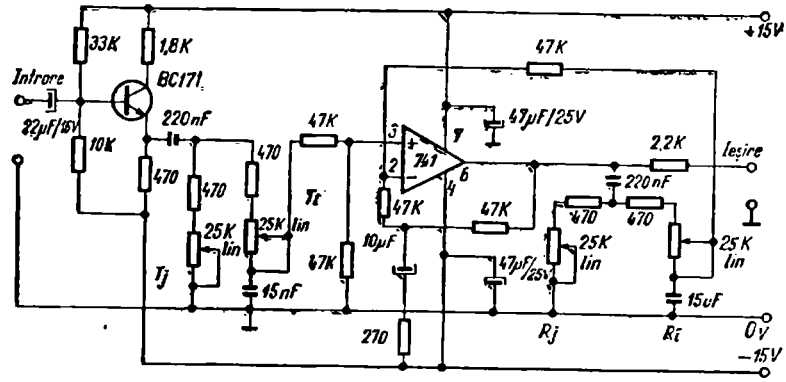


Fig. VII.9. Corectorul de ton Hutchinson.

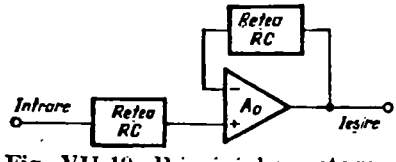


Fig. VII.10. Principiul corectorului de ton Hutchinson.

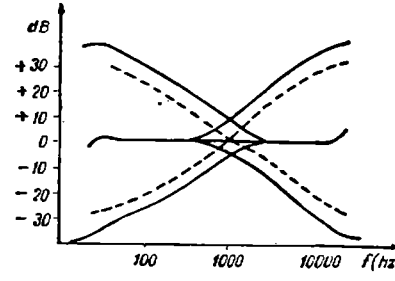


Fig. VII.11. Caracteristica de frecvenţă a corectorului Hutchinson.

ţelor joase şi înalte apare mai pregnant, oferind o notă plăcută programului sonor audiat.

La intrarea montajului prezentat în figura VII.12 este dispus un filtru dublu T, care atenuează frecvenţele medii, format din grupurile $C_2R_3R_4$ şi $C_1C_3R_2$. Filtrul T format din rezistorii $R_5R_6R_7$ precizează amplitudinea corecţiei. Deoarece reţelele pasive corectoare atenuează semnalul iniţial, pentru amplificarea lui sînt amplasate etajele care conţin tranzistoarele T_1 şi T_2. Urmează un etaj repetor pe emitor, care este prevăzut atît în scopul realizării unui tampon faţă de etajele de amplificare, cît şi pentru obţinerea la ieşire a unei impedanţe de valoare redusă.

Amplificarea finală a montajului se poate modifica după dorinţă, schimbînd raportul rezistoarelor R_{16}/R_{17}. Se menţionează că în urma modificării raportului, suma celor două valori ale rezistoarelor trebuie să rămînă constantă, faţă de valoarea iniţială *(E.M.)*

9. EGALIZOR GRAFIC CU 7 PUNCTE DE INFLEXIUNE

Egalizorul face parte din categoria montajelor care utilizează filtre active opreşte-bandă şi reacţie variabilă, necesară efectuării corecţiilor în banda de

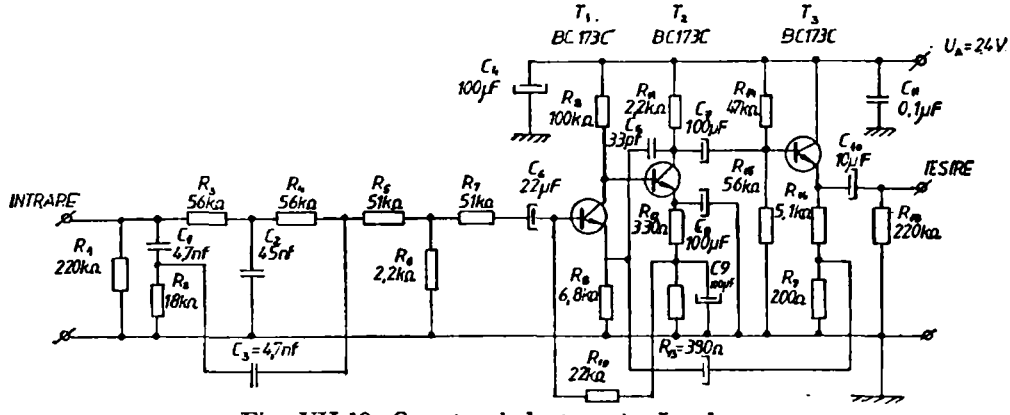


Fig. VII.12. Corectorul de ton tip Loudness.

audiofrecvență conform scopului urmărit. Performanțele egalizorului prezentat în figura VII.13 sînt următoarele:

— tensiunea de alimentare: ± 12 V, stabilizată și bine filtrată

— curentul absorbit: cca 80 mA pentru varianta stereo

— domeniu de lucru: 20 Hz... 20 000 Hz

— puncte de inflexiune: 40 Hz, 100 Hz, 270 Hz, 700 Hz, 2 kHz, 5 kHz, 12,5 kHz

— plaja de corecție: ± 15 dB

— tensiunea maximă de intrare: $U_i = 300$ mV

Pentru obținerea unor performanțe superioare s-a împărțit banda de audiofrecvență în 7 intervale egale, utilizînd scara logaritmică. Folosind un număr mai mic de sub-benzi se micșorează

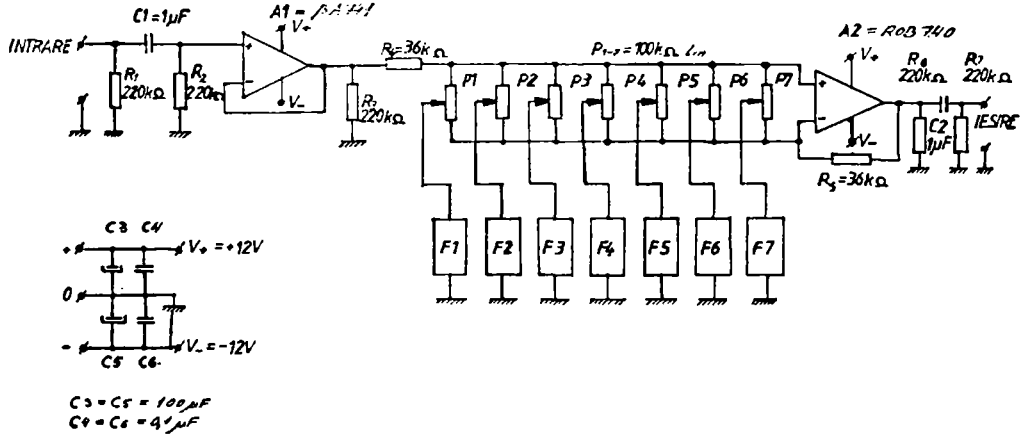


Fig. VII.13. Egalizor grafic cu șapte puncte de inflexiune.

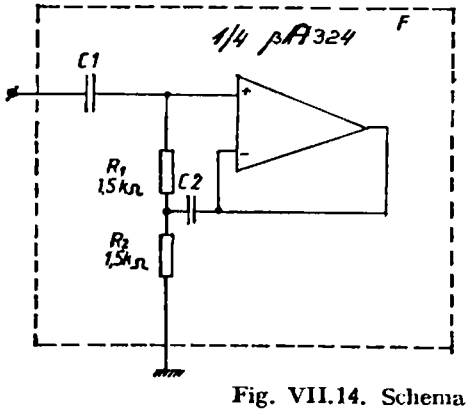
numărul elementelor componente ale montajului, deci în mod sigur raportul semnal-zgomot va creşte. Semnalul audio util se aplică la intrarea montajului grupului $R_1C_1R_2$, şi ulterior pe intrarea neinversare a amplificatorului operaţional A_1. Acesta funcţionează în cadrul montajului ca repetor pe emitor, oferind avantajul unei bune adaptări între sursa de semnal şi restul montajului. Prin intermediul rezistenţei R_4, semnalul de la ieşirea amplificatorului operaţional se aplică pe intrarea neinversoare a amplificatorului operaţional A_2. Acesta prezintă dispuse pe intrările sale un grup de 7 potenţiometre, la cursorul ficăruia fiind conectat cîte un filtru opreşte banda FOB.

În funcţie de poziţia cursorului potenţiometrului, fiecare FOB realizează o reacţie pozitivă sau negativă, modificînd corespunzător spectrul de frecvenţă al semnalului audio util. Modul de aplicare a reacţiilor oferă montajului o imunitate foarte bună la zgomotul de fond, deoarece, semnalele de pe intrările inversoare şi neinversoare se aplică faţă de ieşire în antifază. Acest lucru implică o rejecţie aproape completă a zgomotului de fond. El se aplică cu acecaşi pondere pe fiecare dintre cele două intrări, deci va dispărea la ieşirea amplificatorului operaţional A_2.

Filtrele active de tip FOB sînt realizate cu inductanţe simulate. Schema electrică a unui filtru FOB şi valorile componentelor pentru cele 7 frecvenţe de rezonanţă sînt în figura VII.14. Pentru buna funcţionare a montajului se recomandă utilizarea condensatoarelor neelectrolitice, iar acolo unde nu este posibil (valori mari) s-a ales înserierea a două condensatoare electrolitice, pentru obţinerea unei capacităţi finale nepolarizate.

Realizarea practică a montajului se face pe o plăcuţă de sticlostratitex dublu placată cu folie de cupru, utilizîndu-se toate precauţiile necesare la acest tip de montaje (trasee scurte, traseu de masă fără bucle şi gros etc.)

Pentru realizarea inductanţelor simulate, în scopul reducerii numărului de amplificatoare operaţionale s-a ales circuitul integrat β A 324.



f	C1	C2
40Hz	1μF + 22nf	22μF ∩ 10μF
100Hz	0,22μF + 0,22μF	10μF ∩ 3,3μF
270Hz	0,1μF + 68nf	0,47μF + 0,47μF
700Hz	33nf + 33nf	0,33μF + 33nf
2kHz	22nf	0,1μF + 27nf
5kHz	6,8nf + 2nf	47nf + 3nf
12,5kHz	3,3nf + 240pf	10nf + 10nf

nota : ∩ = în serie

Fig. VII.14. Schema electrică a filtrului LC.

Viteza de lucru în ceea ce privește frecvențele superioare, este asigurată de performanțele circuitului integrat ROB 740, folosit în montaj ca amplificator operațional A_2. *(E.M.)*

10. EGALIZOR GRAFIC CU 10 OCTAVE

Egalizorul grafic prezentat în figura VII.15 constituie o soluție de vîrf, capabilă de a satisface pretențiile cele mai exigente. Pentru efectuarea corecțiilor de mare finețe în plaja de audiofrecvență a semnalului util, conform scopului urmărit, s-a ales o împărțire a benzii de audiofrecvență în 10 intervale. În fiecare interval există un punct de inflexiune central, unde amplitudinea semnalului audio corectat poate lua valori maxime sau minime, conform comenzii făcute.

Folosind potențiometri cu cursă liniară, dispuși paralel pe panoul frontal al aparatului, unind cu o linie imaginară, „punctele" care constituie cursorii acestora apare diagrama de răspuns amplitudine-frecvență a egalizorului. De aici provine și denumirea acestui tip de egalizor.

Performanțele montajului sînt următoarele:

— tensiunea de alimentare: 24 V, c.c. stabilizat.

— curentul absorbit: circa 100 mA.

— domeniu de lucru: 20 Hz...20 000 Hz.

— puncte de inflexiune: 30 Hz; 60 Hz; 120 Hz; 240 Hz; 480 Hz; 960 Hz; 1 920 Hz; 3 840 Hz; 7 680 Hz; 15 360 Hz.

— plaja de corecție: $\pm$ 14 dB

— corecția în punctele de inflexiune: $\pm$ 20 dB

— banda de trecere: $\pm$ 0,25 dB în interval 20 Hz...20 470 Hz — 1 dB în interval 14 Hz...52 000 Hz.

— tensiunea maximă de intrare: $U_i = 250$ mVef.

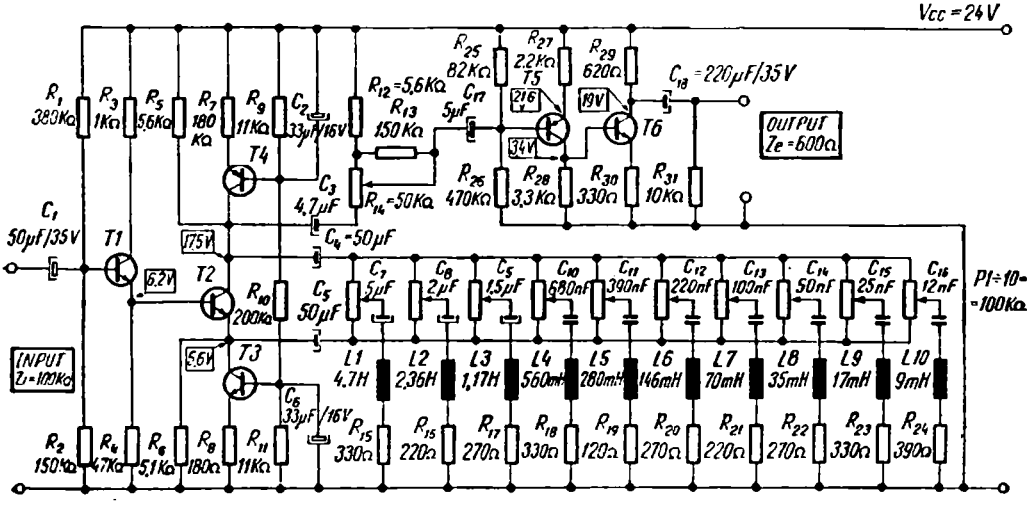


Fig. VII.15. Schema electrică a egalizorului cu 10 octave.

Egalizorul prezentat este format din 3 etaje principale, și anume:

— etajul de intrare, care conține tranzistorul T_1

— etajul corector tensiune frecvență, care conține tranzistoarele T_2, T_3, T_4.

— etajul de ieșire, care conține tranzistoarele T_5 și T_6.

Semnalul de intrare se aplică etajului de intrare prin intermediul condensatorului C_1 în baza tranzistorului T_1. Etajul de intrare funcționează ca repetor pe emitor, asigurînd o bună adaptare între impedanța de ieșire a sursei de semnal și impedanța de intrare a egalizorului.

Rezistența R_3 aflată în colectorul tranzistorului T_1 are rolul de a îmbunătăți performanțele etajului de intrare în privința zgomotului de fond.

Semnalul util se preia din emitorul tranzistorului T_1 și se aplică prin cuplaj direct etajului corector tensiune frecvență, în baza tranzistorului T_2.

Etajul corector tensiune-frecvență, care include tranzistoarele T_2, T_3, T_4 are o alcătuire specială. Pentru a realiza variația nivelului de tensiune, într-o plajă largă de frecvențe, apare necesară posibilitatea realizării unei amplificări mari, fără a produce distorsiuni ale formei de undă a semnalului și fără a introduce defazaje suplimentare funcție de frecvență. Soluția aleasă reprezintă un etaj de amplificare cu sarcină dinamică în colector și emitor. Sarcina dinamică reprezintă, de fapt, un generator de curent constant, realizat cu unul sau mai multe tranzistoare. Folosind ca sarcină un generator de curent constant se obține creșterea și stabilizarea factorului de amplificare, mărirea impedanței de intrare, lărgirea benzii de trecere a amplificatorului și, lucru esențial în funcționarea egalizorului, posibilitatea aplicării reacției pozitive în prezența reacției negative globale. Tranzistorul T_4 realizează pentru tranzistorul T_2 o sarcină dinamică. Aceasta, prezintă în „curent continuu" o rezistență mică, iar în „curent alternativ" o rezistență mare. În acest fel se asigură etajului posibilitatea de a realiza o amplificare mare, cu toate avantajele sus-menționate. Tranzistorul T_3 reprezintă o sarcină dinamică asemănătoare, amplasată în emitorul tranzistorului T_2.

Astfel apare posibilitatea stabilirii cu ușurință a punctului de funcționare statică a tranzistorului T_2, concomitent cu facilitatea aplicării celor două tipuri de reacție în mod simultan. Corecția semnalului util, în ceea ce privește amplificarea funcție de frecvență, se realizează în felul următor: Se observă că în colectorul și emitorul tranzistorului T_2 se află cuplate, prin intermediul condensatoarelor C_4 și C_5 cele zece filtre LC. Acestea acționează asupra plajei de frecvență funcție de poziția cursorului potențiometrelor P_1—P_{10}. Practic, se realizează o reacție pozitivă sau negativă pentru banda de frecvență în care este acordat filtrul amplasat pe cursorul fiecărui potențiometru.

Dacă, de exemplu, cursorul potențiometrului P_1 se află „deplasat" spre condensatorul C_4, se realizează mărirea reacției negative, deci se produce o ate-

nuare în banda de frecvențe joase, cu maximul de atenuare pe frecvența de 80 Hz pe care este acordat filtrul. În cazul deplasării inverse a cursorului potențiometrului P_1 spre condensatorul C_5, se realizează mărirea reacției pozitive, deci frecvențele joase vor fi amplificate, obținîndu-se un maxim de amplificare pe frecvența de 80 Hz. Rezistoarele R_5 și R_6 precizează limitele amplificării sau atenuării maxime, pentru prevenirea distorsiunilor sau posibilității de apariție a oscilațiilor în cazul unei amplificări mari.

Cele zece filtre LC asigură acoperirea completă a benzii de frecvențe audio în ceea ce privește posibilitățile de corecție dorite.

Rezistoarele înseriate cu filtrele (ex. R_{15} cu L_1C_7) asigură amortizarea necesară evitării unor variații prea accentuate ale amplificării sau atenuării pe frecvențele centrale de acord ale filtrelor RC, în punctele de inflexiune alese. Semnalul util corectat este preluat din colectorul tranzistorului T_3 prin intermediul condensatorului C_3 și apoi al potențiometrului semireglabil R_{14}. Ulterior, semnalul util se aplică etajului de ieșire prin intermediul condensatorului C_{17}, în baza tranzistorului T_5. Grupul R_{13} R_{14} a fost prevăzut pentru a exista posibilitatea unei ajustări fine a nivelului semnalului de ieșire. Etajul de ieșire include tranzistoarele T_4 și T_5. Tranzistorul T_5 realizează un tampon între etajul corector tensiune-frecvență și etajul de ieșire.

Tranzistorul T_6 realizează o impedanță de ieșire convenabilă a etajului de ieșire al egalizorului.

Modul de realizare

Montajul se execută prin amplasarea componentelor pe plăcuțe de circuit imprimat. O variantă de cablaj imprimat este prezentată în fig. VII.16. Pentru cele zece filtre LCR s-a ales varianta prezentată în fig. VII.17.

Constructorul poate face mici modificări ale dimensiunilor plăcuțelor de circuit imprimat, funcție de gabaritul pieselor folosite, păstrînd însă configurația cablajului. Pentru obținerea unor rezultate optime este obligatorie folosirea rezistoarelor cu peliculă metalică, iar condensatoarele electrolitice de cuplaj dintre etaje vor fi obligatoriu cu tantal.

Performanțele montajului impun implicit realizarea variantei stereo.

Plăcuța de cablaj imprimat din fig. VII.16 se realizează în dublu exemplar, iar placa din fig. VII.18 se realizează într-un singur exemplar, deoarece este proiectată pentru varianta stereo a montajului.

Poziționarea componentelor prezentate în schema electrică se face conform fig. VII.19, iar poziționarea celor zece filtre RLC (varianta stereo) se face conform fig. VII.18. Fiecare grup RLC se ecranează cu cîte o plăcuță de alamă dimensionată corespunzător, care în final se conectează la masa generală a montajului (în locurile prevăzute pe cablaj în acest scop, conf. fig. VII.18), în scopul evitării influențelor reciproce între bobine sau bobine-montaj. Se recomandă realizarea bobinelor pe carcase tip oală de ferită, pentru obținerea unor componente cu dimensiuni minime.

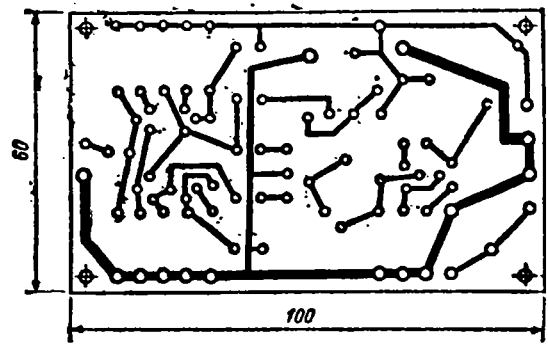


Fig. VII.16. Circuitul imprimat văzut dinspre cablaj.

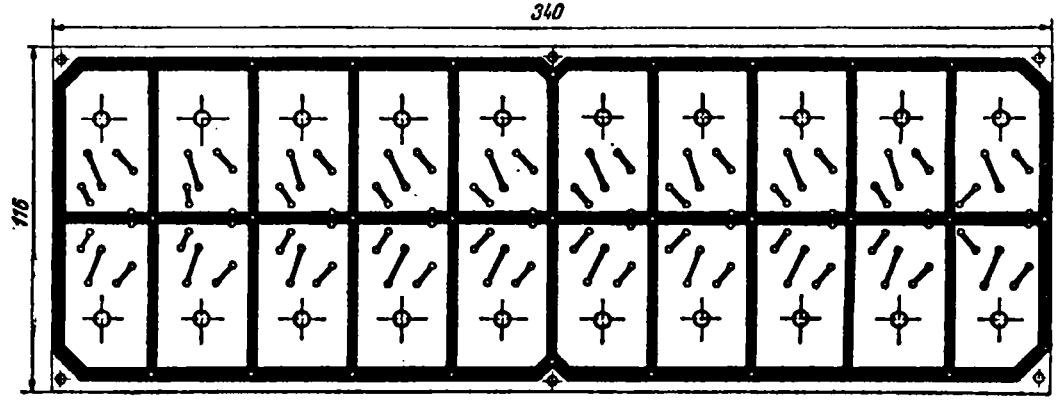


Fig. VII.17. Cablajul imprimat al grupurilor RLC.

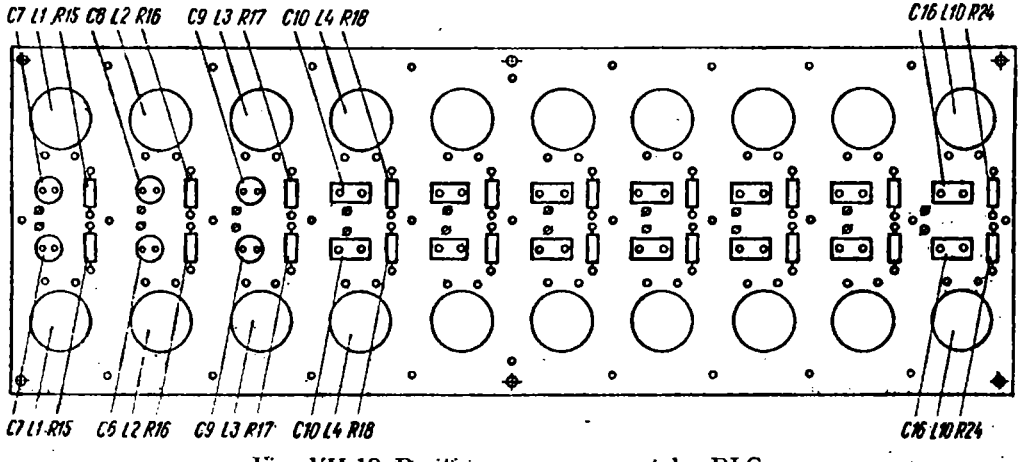


Fig. VII.18. Poziționarea componentelor RLC.

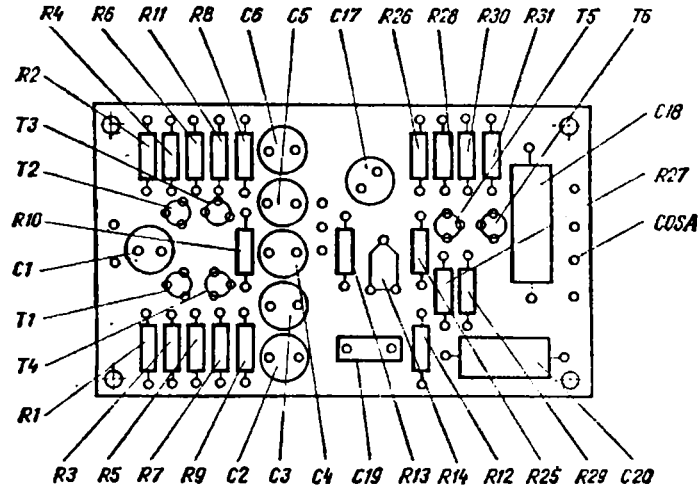


Fig. VII.19. Poziționarea componentelor pe placa de cablaj imprimat.

Se amplasează componentele pe plăcuțele de cablaj imprimat, respectînd cu strictețe polaritățile condensatoarelor electrolitice, indicate de schema electrică.

O variantă de amplasare a blocurilor funcționale pe șasiul egalizorului este prezentată în figura VII.20.

După amplasarea componentelor pe plăcile de cablaj imprimat și fixarea lor pe șasiul egalizorului (inclusiv alimentatorul de 24 V, stabilizat) se execută forma de cablu.

Forma de cablu reprezintă totalitatea conexiunilor realizate între blocurile funcționale, realizate după un traseu printre acestea cît mai convenabil, dinainte stabilit. După realizarea formei de cablu, aceasta se rigidizează prin matisare cu un fir de sfoară cerată. Conexiunile din forma de cablu se execută cu cablu ecranat (în afară de firele destinate alimentării), iar firul de masă are o secțiune minimă de 2 mm².

Obligatoriu se prevăd pe șasiul metalic al egalizorului cose pentru rigidizarea formei de cablu.

Se realizează suportul metalic pentru potențiometrii liniari dubli (cu cursă liniară) de 100 kΩ, și după montare se verifică fiecare potențiometru cu un ohmmetru, deoarece orice întrerupere a acestora are consecințe negative în funcționarea egalizorului. Practic, o întrerupere duce la nefuncționarea grupului RLC aferent, odată cu apariția unei surse de zgomot de fond.

După montarea pe șasiul egalizorului și a grupului de potențiometri verificați, se fac legăturile între blocurile funcționale cu grijă, verificînd cu un buzer sau ohmmetru continuitatea fiecărui fir înainte de efectuarea sudurilor la cele două capete ale acestuia.

Sudurile la tresa metalică a cablurilor ecranate se execută, de asemenea, cu grijă, evitînd categoric suduri superficiale sau reci. Se reamintește încă o dată faptul că de calitatea sudurilor

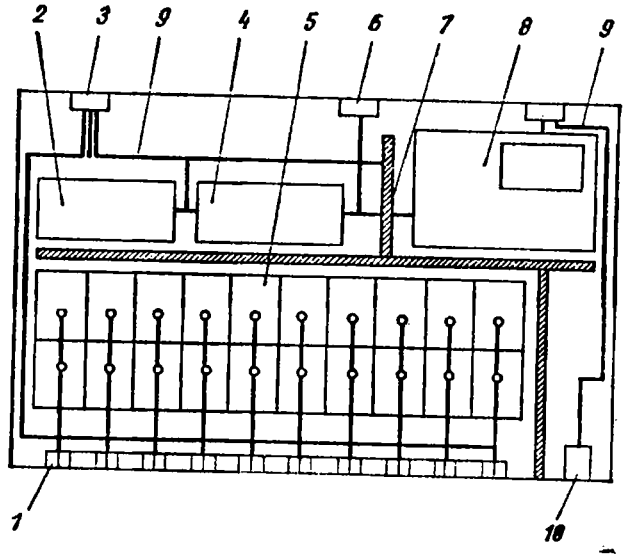


Fig. VII.20. Modul de amplasare a blocurilor funcționale în ansamblul general; *1* — potențiometru dublu 2 × 100 k, *2* — bloc egalizor (canal 1), *3* — mufă intrare, *4* — bloc egalizor (canal 2), *5* — blocul filtrare RLC, *6* — mufa R și C, *7* — ecran, *8* — blocul alimentare-stabilizare, *9* — forma de cablaj, *10* — întrerupător și bec semnalizare.

depind performanțele montajului și buna lui funcționare.

După executarea tuturor legăturilor între blocurile funcționale ale montajului se execută cîte un ștrap la mufa de intrare pe cele două intrări-masă și se alimentează, inițial separat, fiecare dintre cele două secțiuni identice ale egalizorului, după care se verifică prezența tensiunilor în punctele statice de funcționare a blocurilor montajului. Verificarea se face comparînd valorile obținute cu cele menționate în schema electrică. Eroarea maximă admisă este de 2%. Se utilizează un voltmetru cu impedanță mare de intrare.

După terminarea verificărilor pentru fiecare „canal", se scot ștrapurile de la mufa de intrare, se reface alimentarea comună pentru ambele canale și cu aceasta egalizorul este gata de funcționare.

În scopul obținerii unei corecții fine a amplificării finale, care trebuie să fie identică pentru cele două secțiuni ale egalizorului, se acționează cursoarele potențiometrelor semireglabile R_{14} și R'_{14}.

Dacă constructorul posedă un generator de semnal de audiofrecvență și un osciloscop, se pot vizualiza eficacitatea corecțiilor în fiecare punct de inflexiune.

Pentru obținerea cu exactitate a maximului sau minimului de amplificare în punctele de inflexiune se poate modifica fin rezonanța circuitelor LC, acționînd asupra bobinei (cîteva spire în plus sau minus).

Maximul sau minimul de amplitudine pe frecvența punctului de inflexiune (pentru obținerea amplificării — atenuării de 20 dB) se reglează modificînd în limite foarte mici valoarea rezistenței aferente fiecărui grup LC (eventual prin sortarea rezistențelor de „aceeași" valoare cu toleranță mai mare).

Reglat și pus la punct, montajul va oferi satisfacție deplină constructorului, posesor al unui aparat cu posibilități multiple, competitiv cu produsele similare de acest tip realizate de orice firmă industrială. *(E.M.)*

11. EGALIZOR PARAMETRIC CU PERFORMANȚE RIDICATE

Egalizorul parametric prezentat în figura VII.21 face parte din categoria montajelor HI-FI necesare într-un lanț audio cu performanțe moderne. Montajul folosește performanțele superioare ale circuitelor integrate pentru realizarea corecțiilor semnalului de intrare. Egalizorul îndeplinește funcțiile unui circuit Baxandall cu posibilități extinse de lucru, realizînd o diversitate de caracteristici funcționale.

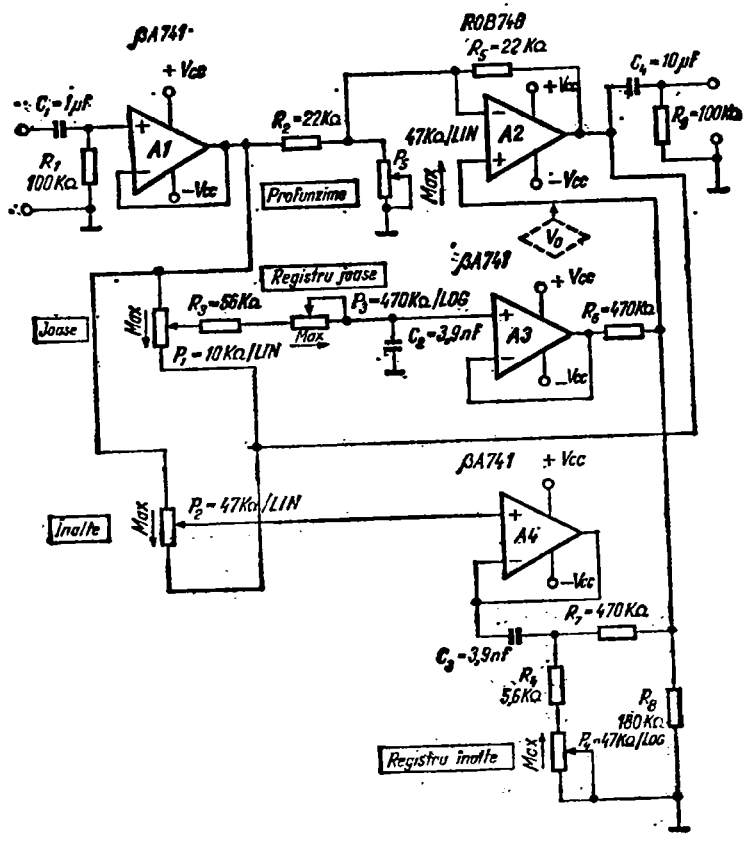


Fig. VII.21. Schema electrică a egalizorului.

Semnalul de intrare se aplică prin intermediul condensatorului C_1 pe intrarea neinversoare a amplificatorului operațional A_1. Controlul frecvențelor joase se realizează cu ajutorul potențiometrului P_1. Dacă cursorul potențiometrului P_1 este „deplasat" spre ieșirea amplificatorului operațional A_1, o mare parte din componentele de joasă frecvență ale semnalului de intrare vor trece prin filtrul trece-jos $C_2R_3P_3$ și vor apare în punctul V_0. Deoarece amplificatorul operațional A_2 inversează semnalul, rezultă că obținem la ieșirea amplificatorului operațional A_2 o atenuare a componentelor de joasă frecvență. Dacă se inversează „deplasarea" cursorului potențiometrului P_1, se obține o scădere a componentelor de joasă frecvență pe intrarea neinversoare a amplificatorului operațional A_2, deci amplificarea finală a frecvențelor joase crește.

Registrul de ieșire al frecvențelor joase se reglează cu ajutorul potențiometrului P_3, modificînd atenuarea filtrului $C_2R_3P_3$. Similar, se obțin aceleași rezultate pentru frecvențele înalte, cu ajutorul filtrului trece-sus $C_3P_4R_4$ și al amplificatorului operațional tampon A_4. Registrul de ieșire al frecvențelor înalte se obține printr-o manevrare corespunzătoare a cursorului potențiometrului P_4.

În ambele cazuri, potențiometrul P_5 controlează suma reacțiilor negative aplicate amplificatorului operațional A_2.

În acest fel se reglează nivelul profunzimii corecțiilor.

În figura VII.22 se prezintă caracteristicile de ieșire ale egalizorului pentru un registru constant și o profunzime a corecțiilor construită. În figura VII.23 se prezintă caracteristicile de ieșire ale egalizorului pentru un registru constant și o profunzime variabilă a corecțiilor.

În figura VII.24 se prezintă caracteristicile de ieșire ale egalizorului pentru

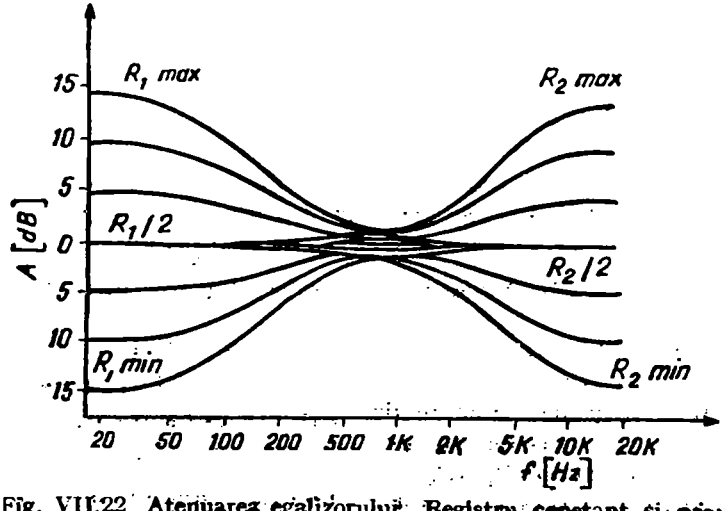


Fig. VII.22. Atenuarea egalizorului. Registru constant și profunzime constantă.

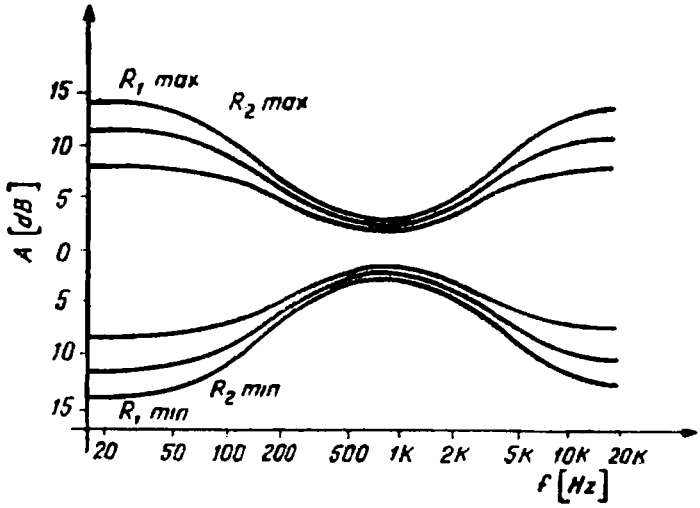


Fig. VII.23. Atenuarea egalizorului. Registru constant și profunzime variabilă.

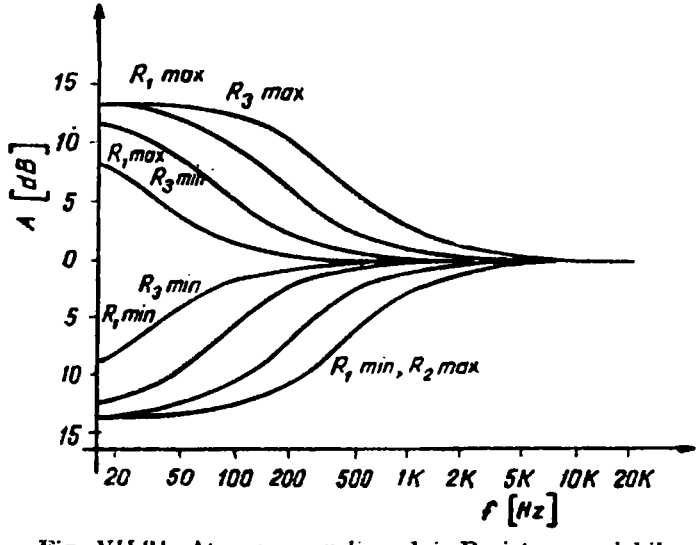


Fig. VII.24. Atenuarea egalizorului. Registru variabil.

profunzime constantă, registru variabil și răspuns liniar la frecvențe înalte.

În cele trei diagrame funcționale sînt date și valorile, maxime sau minime, ale potențiometrelor P_1—P_5, din punct de vedere al acționării, corelat cu indicațiile menționat e în fig. VII.21.

Pentru realizarea practică a montajului se vor folosi componente de bună calitate, sortate în clasa de precizie 2 %. Ca amplificatoare operaționale se folosesc circuite de tip βA 741 și ROB 740.

Se recomandă o tensiune de alimentare de 12 V, de la o sursă dublă, bine stabilizată și filtrată. *(E.M.)*

12. LIMITATOR DINAMIC DE ZGOMOT TIP DNL

Montajul prezentat în figura VII.25 face parte din categoria limitatoarelor dinamice de zgomot (DNL). Principiul de funcționare al montajului se bazează pe însumarea a două semnale de audiofrecvență în opoziție de fază, și anume semnalul inițial și un semnal prelucrat, însumare care urmărește anularea zgomotului de fond nedorit. Cunoscînd nivelul aproximativ al zgomotului de fond, precum și banda de frecvență în care apare, se poate realiza un semnal prelucrat din spectrul audio al semnalului inițial, care să reprezinte tocmai zgomotul de fond. Acest semnal prelucrat va fi în antifază cu semnalul de audiofrecvență inițial. Prin însumarea finală dintre semnalul inițial și semnalul prelucrat, se obține semnalul util de audiofrecvență fără zgomotul de fond nedorit.

Funcțional, DNL-ul se intercalează în lanțul audio între etajul corector de ton și amplificatorul final de putere.

Semnalul de audiofrecvență se aplică tranzistorului T_1 prin intermediul condensatorului C_1. Pentru reglarea nivelului semnalului de intrare a fost prevăzut potențiometrul R_1.

Din colectorul tranzistorului T_1, prin intermediul grupului C_2 R_{22} semnalul este aplicat în baza tranzistorului T_5. Același semnal, dar defazat cu 180° este preluat de un lanț de prelucrare suplimentară, din emitorul tranzistorului T_1, prin intermediul condensatorului C_3. Grupul C_2R_6 permite păstrarea unui defazaj constant, în toată banda de frecvențe audio, între semnalul inițial și semnalul ce urmează a fi prelucrat.

Blocul de prelucrare suplimentară a semnalului audio constă dintr-un filtru cu trei celule pentru frecvențele ridicate, dintr-un amplificator cu

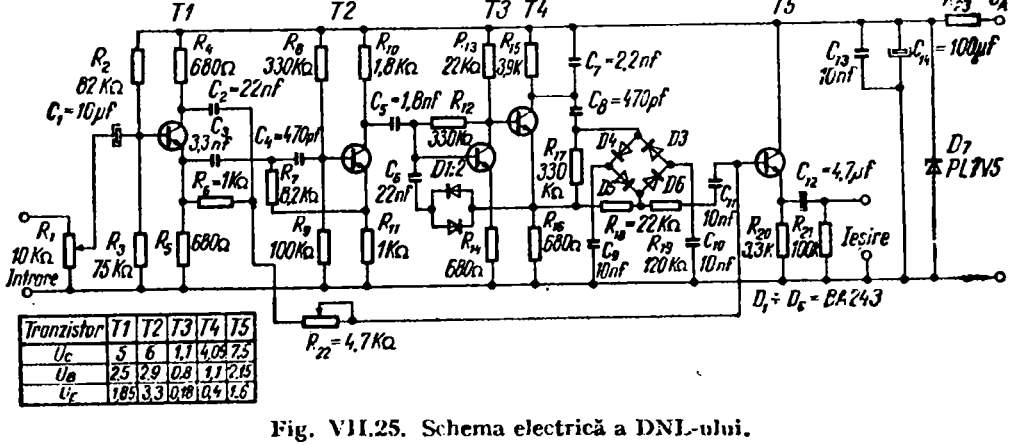


Fig. VII.25. Schema electrică a DNL-ului.

două etaje și dintr-un redresor. În compunerea primelor două celule ale filtrelor intră condensatoarele C_3C_4 și rezistorul R_7, împreună cu rezistența de intrare a tranzistorului T_2. Atenuarea în jurul frecvenței de 8 kHz este de ordinul 12 dB/octavă. Frecvența de tăiere a filtrului este de circa 4,5 kHz. Amplificarea în tensiune a tranzistorului T_2 este 10 dB.

A treia celulă a filtrului este formată din rezistorul R_{10}, condensatorul C_5 și rezistența de intrare a etajului care conține tranzistorul T_3. Atenuarea generală a filtrului este circa 18 dB/octavă.

De pe colectorul tranzistorului T_2, semnalul se aplică la intrarea amplificatorului cu două etaje, realizat cu tranzistorii T_2 și T_4. Amplificatorul prezintă o buclă de reacție negativă, a cărei tensiune se ia din emitorul tranzistorului T_4 prin intermediul diodelor D_1 și D_2, și se aplică prin intermediul condensatorului C_6 în baza tranzistorului T_3. Această reacție negativă limitează amplitudinea tensiunii pe emitorul tranzistorului T_4 la valoarea 0,6 V, ceea ce coincide cu tensiunea de deschidere a diodelor D_5 D_6.

Dacă nu ar exista această limitare, tensiunea de încărcare a condensatorilor C_8 și C_{10} ar fi depins de mărimea semnalului pe emitorul tranzistorului T_4, fapt care ar fi împiedicat funcționarea normală a DNL-ului. Amplificarea în tensiune a etajului care conține tranzistorul T_3, trebuie să fie 26 dB fapt care implică alegerea tranzistorului T_4 cu $h_{21E} = 400...450$.

Modificarea rezistorului R_{12} nu este indicată, deoarece prin acest lucru se modifică rezistența de intrare a etajului, deci caracteristica de frecvență a întregului filtru. Amplificarea în tensiune a tranzistorului T_4 este circa 15 dB.

Modul de funcționare al blocului de prelucrare suplimentară al semnalului rezultă imediat din analizarea funcționării grupului de diode al redresorului.

În momentul apariției unui semnal audio care conține un spectru suficient al frecvențelor înalte, condensatorii C_9 și C_{10} se încarcă prin diodele D_3-D_4 ale redresorului. Cînd tensiunea pe diagonala punții atinge 0,6 V, diodele D_5-D_6 se deschid și semnalul care intră prin rezistorul R_{12} trece la masă prin condensatorii C_9, C_{10}. Ca rezultat, semnalul din colectorul lui T_1 va trece prin C_2 și R_{22} în baza tranzistorului T_5 care funcționează ca repetor pe emitor, și din emitorul tranzistorului T_5 la ieșirea DNL-ului, fără nici-o modificare.

În pauze, tensiunea de zgomot este insuficientă pentru a încărca condensatoarele C_9 și C_{10}, pînă la tensiunea de deschidere a diodelor D_5-D_6. Ca urmare a acestui fapt, tensiunea de zgomot, prin rezistoarele R_{18}-R_{19} și condensatorul C_{11} se aplică în baza tranzistorului T_5. Tot aici apare și tensiunea de zgomot transmisă pe calea directă prin condensatorul C_2 și rezistorul R_{22}. Datorită faptului că cele două tensiuni se află în opoziție de fază, ele se anulează reciproc și nu ajung la ieșirea DNL-ului. Pentru o anulare totală se egalează nivelul acestor tensiuni cu ajutorul rezistorului R_{22}. Prezența re-

petorului pe emitor din partea finală a DNL-ului este absolut necesară pentru funcționarea normală a etajelor prezentate anterior, pentru adaptarea corectă dintre ieșirea DNL-ului și intrarea amplificatorului final de putere.

Alimentarea montajului se va face de la o sursă de tensiune stabilizată și bine filtrată. În funcție de valoarea tensiunii de alimentare disponibilă și cunoscînd consumul montajului se va dimensiona rezistența R_{23}, alegînd un curent corespunzător prin dioda Zener D_7.

Pentru realizarea practică a DNL-ului se va realiza un cablaj imprimat îngrijit, cu legături cît mai scurte și evitarea categorică de formare a buclei de masă. Componentele vor fi de bună calitate. Se preferă utilizarea rezistoarelor cu peliculă metalică, a condensatorilor cu tantal, iar tranzistorii folosiți, de tipul BC 109 C, BC 173 C se vor alege cu un zgomot propriu minim.

Diodele D_1-D_2 și D_3-D_4 și D_5-D_6 vor avea caracteristici de funcționare identice.

După realizarea practică a montajului, acesta se alimentează de la sursa de tensiune a aparatului (casetofon, magnetofon, amplificator audio) la care se montează DNL-ul, și se verifică punctele statice de funcționare a etajelor, menționate în tabelul din figura VII.25. Tensiunile se vor măsura cu un voltmetru electronic cu o impedanță minimă de intrare 1 MΩ.

După verificarea tensiunilor, se intercalează DNL-ul în lanțul audio, între etajul corector de ton și amplificatorul final, și se efectuează reglajul dinamic pentru reducerea zgomotului de fond. Pentru acest lucru se pleacă din poziția R_1 cu cursorul la masă și R_{22} cu cursorul la mijloc. Se conectează la ieșirea amplificatorului final un osciloscop pentru vizualizarea semnalului final pe difuzor.

Se conectează volumul amplificatorului la maxim. În lipsa DNL-ului, se va auzi în difuzor un fîșîit puternic, iar semnalul vizualizat cu ajutorul osciloscopului va avea forma din figura VII.26 a. Se crește treptat tensiunea la intrarea DNL-ului, pînă cînd se obține diagrama din figura VII.26 b. Apoi se ajustează valoarea rezistenței R_{22} pînă cînd zgomotul de fond

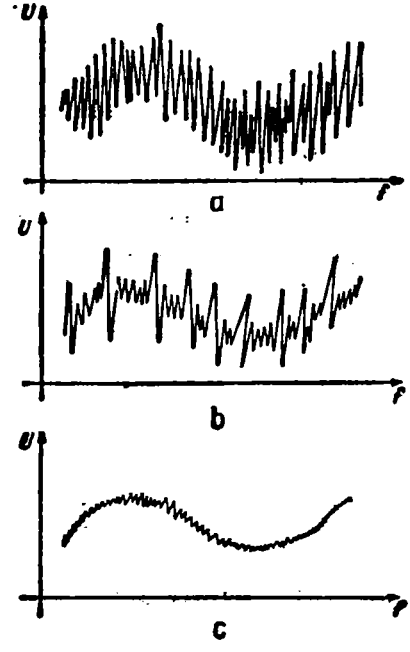


Fig. VII.26. Reglarea DNL-ului; *a* — semnal audio în lipsa DNL-ului, *b* — semnal audio cu DNL-ul conectat în montaj (nereglat), *c* — semnal audio cu DNL-ul reglat.

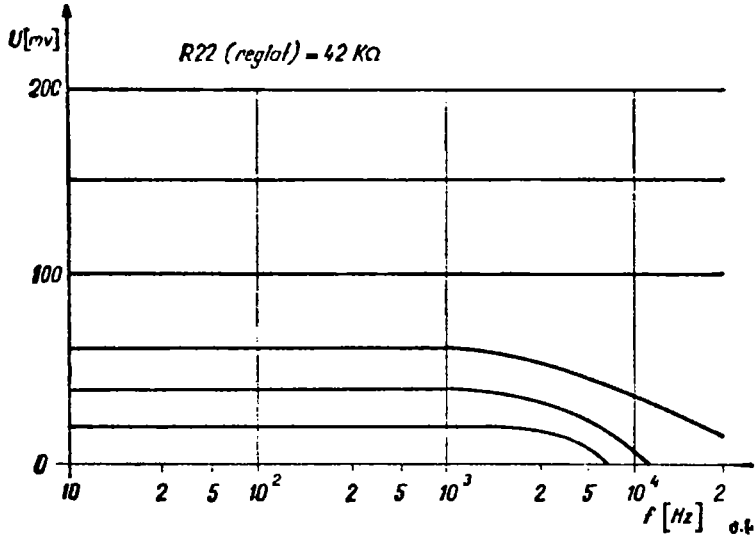


Fig. VII.27. Atenuarea introdusă de DNL în funcție de nivelul semnalului.

dispare complet (fig. VII.26 c). În cazul folosirii DNL-ului la casetofon sau magnetofon, reglajele sus-menționate se efectuează cu o bandă magnetică neînregistrată, care se derulează pe poziția „REDARE". Atenuarea introdusă de DNL, funcție de nivelul semnalului este menționată în fig. VII.27. Este indicată folosirea unui comutator pentru intercalarea după dorința a DNL-ului în lanțul audio folosindu-se varianta de cablaj menționată în fig. VII.28.

În final, DNL-ul se va ecrana cu tablă de fier de grosime minimă 1 mm și se va amplasa în interiorul monta-

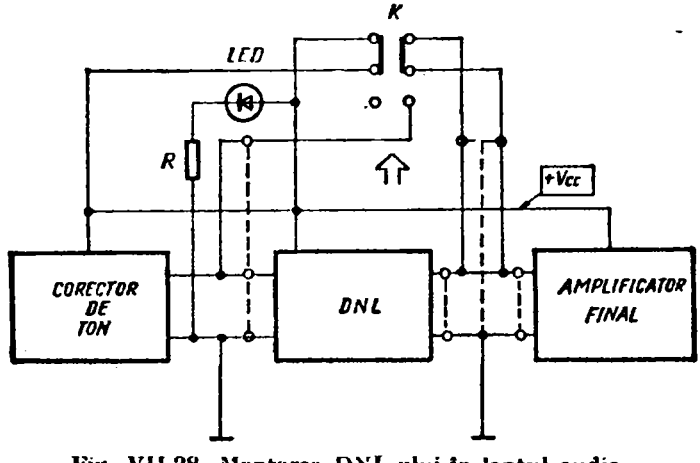


Fig. VII.28. Montarea DNL-ului în lanțul audio.

jului cît mai departe de sursele de zgomot (transformator de rețea, motor de antrenare a benzii etc.). Legăturile electrice pentru transmiterea semnalului de audiofrecvență pe traseul corector de ton — DNL — amplificatorul final se realizează cu cablu ecranat. Montajul se poate realiza și în varianta stereo, reglajele sus menționate făcîndu-se separat pentru fiecare canal. *(E.M.)*

13. FILTRU DINAMIC PENTRU LIMITAREA ZGOMOTULUI DE FOND (NFD)

Filtrul NFD reprezintă un accesoriu întîlnit destul de des în componența unui amplificator de audiofrecvență din categoria HI-FI. Denumirea provine de la inițialele cuvintelor „Noise Filter Dynamic" (filtru dinamic pentru limitarea zgomotului de fond). Principiul de funcționare constă în limitarea semnalelor de audiofrecvență de nivel mic și spectrul de frecvențe situat în banda frecvențelor medii înalte. În acest fel, zgomotul de fond, situat în această regiune a benzii de audiofrecvență (2 kHz, 14 kHz) este eliminat. Ansamblul blocurilor funcțional este prezentat în figura VII.29. Se observă că NFD-ul este realizat pentru un semnal de audiofrecvență stereo, deoarece astăzi nu se mai poate concepe un sistem HI-FI de audiere a informației programului sonor transmisă pe un singur canal. Se menționează că NFD-ul funcționează foarte bine și pentru un semnal de audiofrecvență mono. Analizînd schema blocurilor funcționale, se observă că cele două semnale ale celor două canale informaționale *S* și *D* se aplică simultan blocurilor de prelucrare *BPS* și *BPD* și unui bloc sumator BΣ. După ce se efectuează însumarea celor două semnale *S* și *D* (acest lucru nu afectează separarea completă a semnalelor *S* și

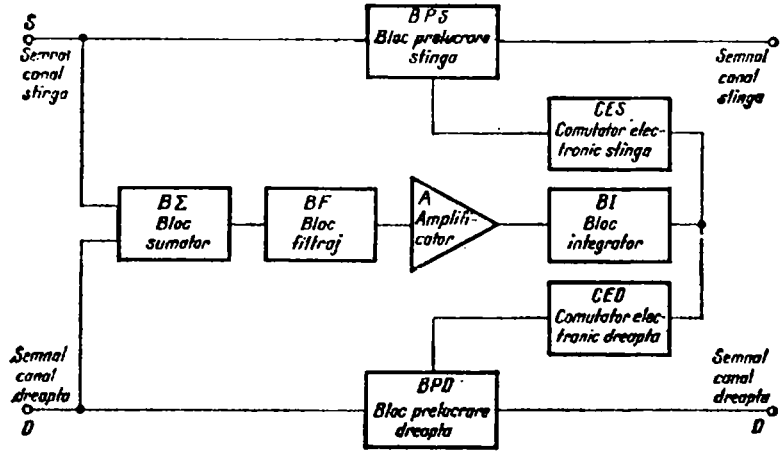


Fig. VII.29. Schema interconectării blocurilor funcționale ale NFD-ului.

D aplicate blocurilor *BPS* și *BPD)* ele sînt aplicate unui bloc de filtraj, *BF*. Acesta are rolul de a lăsa să treacă numai semnalele de frecvențe medii înalte, eliminînd complet spectrul frecvențelor joase. Ulterior semnalul rezultat este aplicat blocului redresor *BR* și apoi blocului integrator, *BI*. În final se obține o tensiune continuă care, funcție de nivelul său, acționează sau nu comutatoarele electronice aflate în blocurile *BCE*. Comutatoarele electronice au rolul de a introduce sau nu în circuitul de reacție negativă aflat în fiecare bloc *BPS* și *BPD* bucla de reacție care limitează spectrul frecvențelor medii-înalte. Astfel, dacă tensiunea continuă obținută din integratorul *ER* nu are un anumit nivel, comutatorul electronic rămîne blocat, iar bucla de reacție negativă din blocurile *BPS* și *BPD* acționează, limitînd spectrul frecvențelor medii-înalte (pînă la eliminarea lor completă, dacă nivelul semnalului audio inițial este comparabil cu nivelul zgomotului de fond). Dacă tensiunea continuă depășește nivelul prestabilit, comutatorul electronic se deschide, bucla de reacție negativă este scoasă din circuit (pusă la masă), iar banda de audiofrecvență rămîne nemodificată.

Schema electrică a NFD-ului este prezentată în fig. VII.30. Semnalele de audiofrecvență *S* și *D* se aplică simultan etajelor identice care conțin tranzistoarele T_1 și T_1' prin intermediul grupului R_3C_1, și respectiv $R_3'C_1'$. Simultan semnalele *S* și *D* se aplică blocului sumator amplificator, care conține tranzistoarele T_2 și T_3. Nivelul semnalului sumă $S + D$ este reglat cu potențiometrul semireglabil R_2. Banda de trecere a semnalului $S + D$ este limitată inferior de filtrul trece-sus C_2R_{12}, care are rolul de a lăsa să treacă în continuare numai semnalele $S + D$ de frecvențe medii-înalte. Semnalul $S + D$ amplificat de tranzistoarele T_2 și T_3 este redresat de către redresorul cu dublare de tensiune $C_9D_3D_4C_{11}$, iar la bornele condensatoarelor C_6 și C_6' se obține o tensiune continuă. Această tensiune continuă va acționa comutatoarele electronice formate din grupurile $D_1D_2R_9$ și $D_1'D_2'R_9'$, funcție de nivelul ei. Imediat ce tensiunea continuă depășește valoarea de 1,2 V la bornele condensatorului C_6 și C_6', diodele D_1 și D_2 (respectiv D_1' și D_2') se deschid, iar bucla de reacție negativă $C_3R_6C_4$ (respectiv $C_3'R_6'C_4'$) este pusă la masă prin intermediul grupului C_4R_8 (și $C_4'R_8'$). Acest lucru permite ca banda de audiofrecvență să rămînă nemodificată, deoarece în cazul cînd diodele D_1 și D_2 sînt blocate, bucla de reacție negativă $C_3R_6R_4$ limitează trecerea frecvențelor medii-înalte spre ieșirea etajului (lucrurile se petrec similar pentru cele două canale *S* și *D*). Diodele D_1 și D_1' au fost prevăzute pentru a elimina influența reciprocă dintre blocurile *BPS* și *BPD*. Rezistențele R_9 și R_9' s-au prevăzut pentru liniarizarea funcționării comutatorului electronic (atunci cînd D_2 și D_2' sînt blocate. Grupul $R_{17}D_5D_6C_7$ asigură obținerea unei tensiuni continue stabilizate și filtrate pentru alimentarea NFD-ului. Deoarece consumul total al NFD-ului este mic (circa 50 mA), acest lucru nu afectează consumul ener-

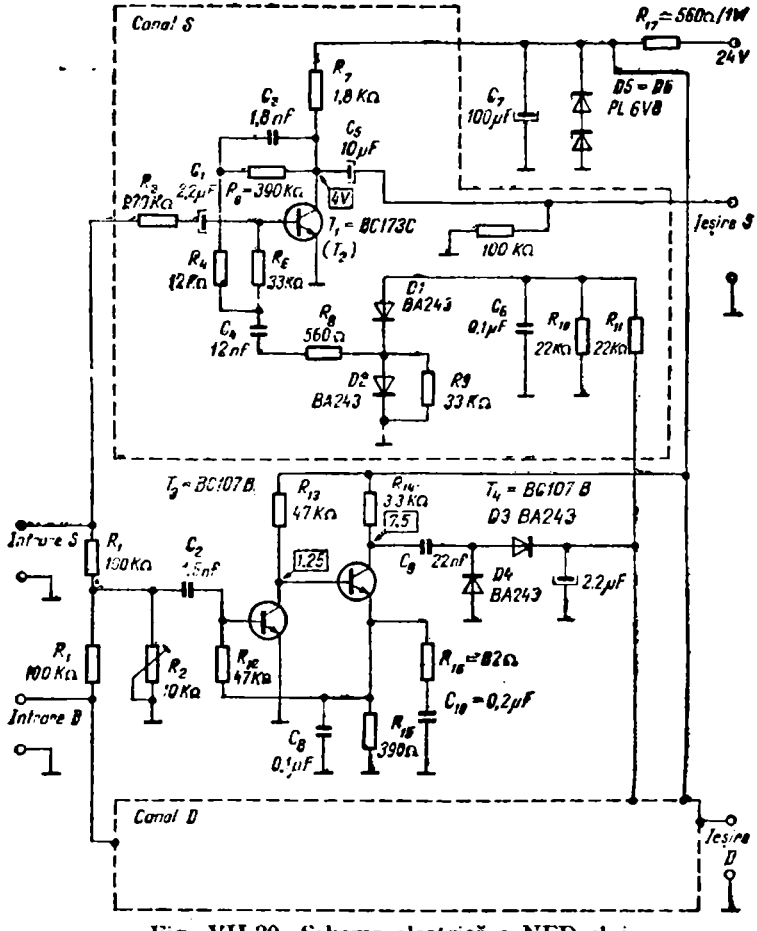


Fig. VII.30. Schema electrică a NFD-ului

getic total al ansamblului electroacustic în care NFD-ul este montat.

Montajul se realizează pe o plăcuță de sticlostratitex placat cu folie de cupru. Se vor folosi componente electronice de bună calitate (rezistențe tip RPM, condensatori cu tantal sau multistrat etc.)

Reglajul și punerea în funcțiune.

Se montează componentele electronice active și pasive pe placa de cablaj imprimat, cu grijă, orice eroare ducînd la cel puțin nefuncționarea montajului. Se alimentează montajul cu o tensiune continuă de 24 V și se măsoară valorile tensiunilor continue în punctele indicate pe schema electrică. Dacă tensiunile măsurate în colectorii tranzistoarelor T_1 și T_1' diferă de valorile indicate, se modifică în limite restrînse valorile rezistențelor R_7 și R_6 (R_6' și R_7') pentru stabilirea corectă al punctului static de funcționare (pentru evitarea distorsionării semnalului *S* și *D*). După măsurătorile anterioare se intercalează montajul în lanțul de audio-

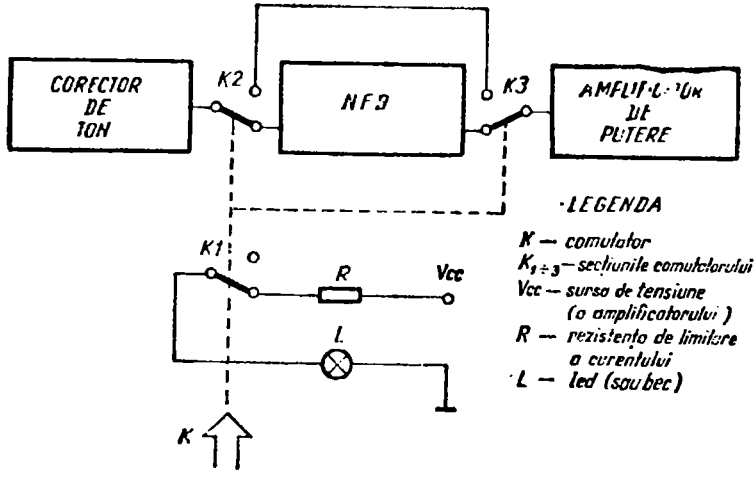


Fig. VII.31. Intercalarea NFD-ului în lanțul electroacustic.

frecvență, în conformitate cu fig. VII.31. În cazul folosirii montajului într-un magnetofon:

— se aduce R_2 la „punctul cald" (se ștrapează complet),

— se acționează magnetofonul pe poziția redare folosind o bandă neînregistrată; se va auzi în difuzoare un fîșiit;

— se acționează cu grijă cursorul semireglabil R_2 pînă cînd fîșiitul dispare.

În cazul folosirii montajului într-un aparat de radio:

— se aduce R_2 la „punctul cald" (se ștrapează complet);

— se comută radioul pe poziția UUS;

— se mărește volumul fără a recepționa vreun post; în difuzoare se va auzi un fîșiit;

— se acționează cu grijă cursorul semireglabilului R_2 pînă cînd fîșiitul dispare.

Diferența între performanțele vechi și noile performanțe ale complexului electroacustic va fi sesizabilă. *(E.M.)*

14. REDUCĂTOR DE ZGOMOT

Montajul prezentat în figura VII.32 face parte din categoria limitatoarelor dinamice de zgomot. Principiul de funcționare constă în reducerea benzii de trecere a semnalului de audiofrecvență de nivel mic prin eliminarea spectrului de frecvență situat în intervalul 3 kHz—18 kHz. Acest lucru se face prin însumarea a două semnale situate în acest interval, de același nivel, dar aflate în opoziție de fază. În acest mod zgomotul de fond, care este situat tocmai în acest interval al benzii de audiofrecvență este eliminat.

Semnalul de audiofrecvență se aplică etajului de intrare, care include tranzistorul T_1. Polarizarea lui este asigurată de grupul R_2R_3. Condensatorul C_2

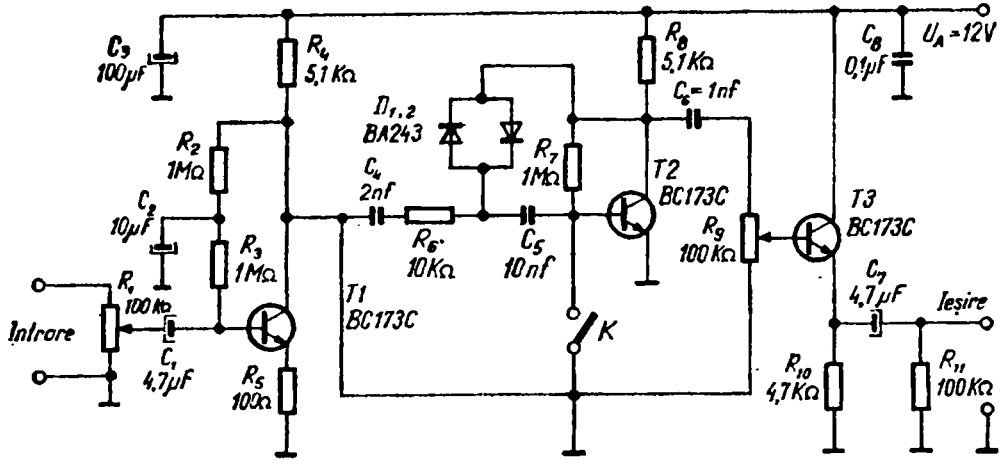


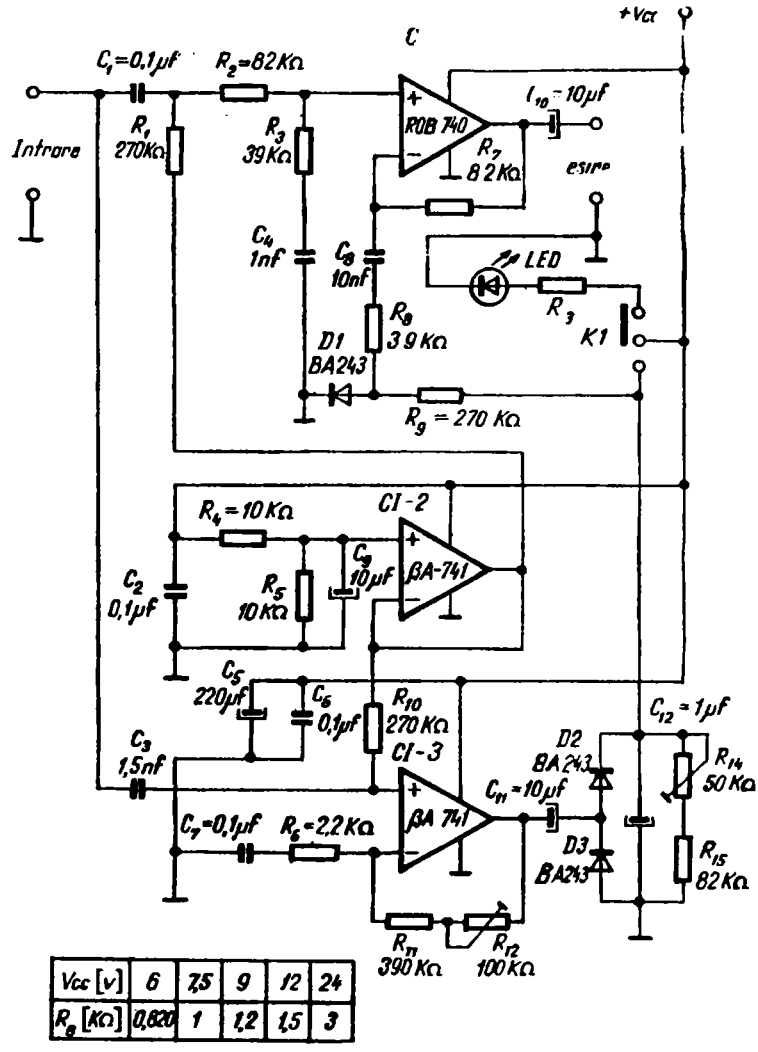
Fig. VII.32. Reducătorul de zgomot.

evită aplicarea unei reacții negative etajului de intrare și în același timp filtrează suplimentar tensiunea necesară polarizării acestuia. Din colectorul tranzistorului T_1 semnalul este aplicat simultan etajului repetor pe emitor care conține tranzistorul T_3 și etajului amplificator de tensiune care conține tranzistorul T_2. Acesta preia doar spectrul de frecvență mai mare de 8 kHz datorită grupului de filtraj $C_4R_6C_5-R_7$-T_2. Prin intermediul condensatorului C_6, semnalul prelucrat de frecvență înaltă este aplicat, de asemenea, în baza tranzistorului T_3. Tranzistorul T_2 însă a efectuat defazarea semnalului de frecvență înaltă (> 3 kHz) deci printr-un reglaj convenabil al însumării celor două semnale (modificînd poziția cursorului potențiometrului semireglabil R_9) semnalele de nivel mic și cu spectrul de frecvență > 3 kHz se elimină complet. Grupul de diode D_1D_2 au rolul de a scoate din funcțiune (prin limitare) etajul care conține tranzistorul T_2, deoarece semnalele de nivel mare și frecvență înaltă trebuie să rămînă nemodificate.

Reducătorul de zgomot se poate scoate din funcțiune după dorință, prin închiderea comutatorului K, deoarece acesta blochează funcționarea tranzistorului T_2. Eficiența montajului constă în reducerea zgomotului de fond cu circa 8—10 dB, fapt evidențiat cu prisosință practic. *(E.M.)*

15. LIMITATOR DINAMIC DE ZGOMOT CU CIRCUITE INTEGRATE

Limitatorul de zgomot prezentat în figura VII.33 este destinat funcționării într-un magnetofon sau casetofon care nu a fost prevăzut inițial cu alte modalități de reducere a zgomotului de fond. Posibilitatea de funcționare la diverse tensiuni de alimentare, consumul redus al montajului și simplitatea realizării sale practice reprezintă avantaje imediate care vor atrage atenția



Vcc [v]	6	7,5	9	12	24
R_6 [KΩ]	0,820	1	1,2	1,5	3

Fig. VII.33. Schema electrică a limitatorului dinamic de zgomot.

constructorului amator de audiții HI-FI.

Schema electrică este realizată cu circuite integrate, de tip β A 741 și ROB 740. Acest lucru oferă montajului o mare stabilitate a parametrilor electrici la variațiile condițiilor de funcționare, în special temperatura mediului ambiant și posibilele variații ale tensiunii de alimentare. De asemenea, montajul prezintă o fiabilitate ridicată în exploatare.

Principiul de funcționare al limitatorului de zgomot (LDZ) rezultă din necesitatea de anulare a zgomotului de fond, care conține un spectru de frecvențe cuprins între 4...10 kHz și are un nivel mic (1...10 mV) în compa-

rație cu nivelul semnalului audio util (100...200 mV).

Deci, atunci cînd semnalul audio aplicat la intrarea LDZ-ului va conține un spectru suficient al frecvențelor audio medii-înalte, de un nivel mare, va trece nemodificat spre amplificatorul final. În pauze sau atunci cînd semnalul util are un nivel mic, cu spectru sărac în frecvențe medii-înalte, LDZ-ul va introduce o atenuare în banda de frecvențe 4...10 kHz, realizînd rejecția completă a zgomotului de fond.

Semnalul audio util se aplică la intrarea montajului, pe intrarea neinversoare a circuitului integrat *CI-3* prin intermediul condensatorului C_3 și simultan pe intrarea neinversoare a circuitului integrat *CI-1*, prin intermediul condensatorului C_1 și al filtrului $R_2R_3C_4$. Parametrii buclei de reacție negativă $R_7C_8R_8$ sînt astfel calculați încît atunci cînd dioda D_1 se află în conducție, amplificarea circuitului integrat *CI-1* este liniară în toată banda de frecvențe audio, iar semnalul util apare nemodificat la ieșirea LDZ-ului. Atunci cînd dioda D_1 nu se află în conducție, datorită filtrului $R_2R_3C_4$ de tip trece-jos și a buclei de reacție negativă care și-a modificat parametrii, circuitul integrat *CI-1* introduce în banda de frecvențe cu spectrul cuprins între 4...10 kHz o atenuare de 10 dB. Deci conducția diodei D_1 condiționează prelucrarea sau nu a semnalului audio util. Dioda D_1 se va afla în stare de conducție atunci cînd tensiunea la bornele condensatorului C_{12} va fi suficientă pentru asigurarea acestui lucru. Dioda D_1 poate fi determinată să intre în conducție acționînd comutatorul K_1, atunci cînd nu se dorește intercalarea LDZ-ului în lanțul audio.

Condensatorul C_{12} va asigura deschiderea diodei D_1 atunci cînd va fi încărcat la o tensiune care să permită apariția tensiunii de deschidere de 0,6 V la bornele acesteia. Pentru acest lucru să urmărim funcționarea circuitului integrat *CI-3*.

Semnalul audio se aplică la intrarea neinversoare a circuitului integrat *CI-3* prin intermediul condensatorului C_9, de valoare astfel aleasă încît să faciliteze trecerea spectrului frecvențelor medii-înalte. Acest lucru este accentuat de alegerea corespunzătoare a valorii condensatorului C_7, aflat în bucla de reacție negativă a circuitului integrat *CI-3*. Atunci cînd semnalul audio prezintă un spectru al frecvențelor înalte ridicat, de un nivel suficient de mare, la ieșirea circuitului integrat *CI-3* vom obține o tensiune alternativă care se aplică prin intermediul condensatorului C_{11} redresorului cu dublare de tensiune format din grupul $D_2D_3C_{12}$. Deci la bornele condensatorului C_{12} vom obține o tensiune continuă proporțională cu amplitudinea semnalului audio util care conține spectrul de frecvențe medii-înalte.

O parte din această tensiune continuă va polariza direct dioda D_1, care se va deschide la atingerea valorii de 0,6 V. În concluzie, blocul funcțional care conține circuitul integrat *CI-3* are rolul de a realiza deschiderea sau nu a diodei D_1, deci intercalarea sau nu a LDZ-ului în lanțul audio.

Circuitul integrat *CI-2* are rolul de a asigura polarizarea automată a cir-

cuitelor integrate *CI-1* și *CI-3*, indiferent de variațiile posibile ale tensiunii de alimentare V_{cc}.

Rezistența R_{13} se va alege din tabelul alăturat schemei, funcție de tensiunea de alimentare V_{cc}. Montajul se realizează pe o plăcuță de sticlostratilex placat cu folie de cupru, în mod îngrijit, folosind componente pasive de bună calitate. Se recomandă utilizarea rezistențelor cu peliculă metalică și a condensatorilor cu tantal. Dioda D_1 va avea o pantă cît mai abruptă (diodă de comutație), iar diodele D_2 și D_3 vor avea caracteristici electrice identice. Cablajul imprimat se realizează cu trasee cît mai scurte, evitîndu-se apariția buclei de masă. Traseele de alimentare vor avea grosimea de cel puțin 3 mm. Funcțional, montajul se intercalează între etajul corector de ton și amplificatorul final al ansamblului electroacustic. Legăturile între etajul corector de ton — LDZ — amplificator se vor executa cu cablu ecranat.

Reglaje și punerea în funcțiune. Se alimentează montajul cu tensiunea V_{cc}, se comută întrerupătorul K_1 pe poziția „funcționare LDZ" și se observă iluminarea diodei LED. Se pune o bandă (casetă) neimprimată și se acționează clapeta „REDARE" a magnetofonului (casetofonului). Se acționează potențiometrul de volum spre poziția „maxim" și se aude în difuzor un fîșîit puternic.

Se pornește cu reglajul LDZ-ului din poziția R_{12} min., R_{14} min. și se mărește treptat R_{12} și concomitent R_{14} pînă la dispariția totală a zgomotului de fond.

Se înlocuiește banda (caseta) neimprimată cu una imprimată și dacă în pauzele dintre pasajele muzicale mai apare un mic zgomot de fond, acesta se elimină mărind puțin valoarea lui R_{14}.

După aceste reglaje, montajul se ecranează cu tablă de fier de grosime minimă 1 mm și se montează în magnetofon cît mai departe de sursele electrice de zgomot (motor, transformator de rețea etc.).

Se decupează în panoul frontal al magnetofonului două orificii, pentru LED și pentru comutatorul de cuplare K_1 al DZ-ului și apoi se fixează elementele sus-menționate.

Realizat și montat, LDZ-ul va îmbunătăți sensibil performanțele magnetofonului (casetofonului), adus prin această completare la nivelul unui aparat compatibil cu cerințele tehnicii moderne. *(E.M.)*

CAPITOLUL VIII

DESPRE MĂSURĂTORI, VERIFICĂRI ȘI INSTRUMENTE DE MĂSURĂ

1. INDICATOR AL PREZENȚEI TENSIUNII DE REȚEA

La toate aparatele electroacustice care folosesc tensiunea rețelei este necesar ca o dată cu alimentarea cu energie electrică să se aprindă și o lampă de control care semnalizează acest lucru. În general se folosesc becuri cu incandescență, cu un consum mic de curent, alimentate la o tensiune redusă prin intermediul unui transformator de cuplaj. Nu se pot cupla direct la rețea becurile cu incandescență deoarece puterea disipată implică o încălzire nedorită în incinta unui aparat electroacustic. Unele firme folosesc lămpi cu descărcări în gaze (cunoscute impropriu sub numele de becuri cu neon), care au o putere mică și nu se încălzesc. Neajunsul acestui sistem îl constituie durata de viață relativ redusă. Pentru realizarea unei semnalizări comode și eficiente a prezenței tensiunii de rețea propun utilizarea schemei electrice din fig. VIII.1. Se observă folosirea unei diode electroluminescente LED, care consumă un curent redus și nu se încălzește, deoarece puterea disipată este foarte mică.

Condensatorul C_1 realizează o impedanță reactivă, care limitează curentul prin LED și care nu se încălzește (consum de putere reactivă). Dioda D_1 are rolul de a împiedica aplicarea unei tensiuni inverse pe LED mai mare de 0,6 V (în cazul polarizării inverse cu semialternanța negativă a tensiunii de rețea, LED-ul se distruge) deci atenție la realizarea practică a montajului. Rezistența R_1 limitează curentul prin LED în timpul regimului tranzitoriu care apare la conectarea sistemului la rețea.

Montajul realizat practic ocupă loc foarte puțin, nu disipă căldură și se poate adapta comod la orice aparat alimentat la rețea. *(E.M.)*

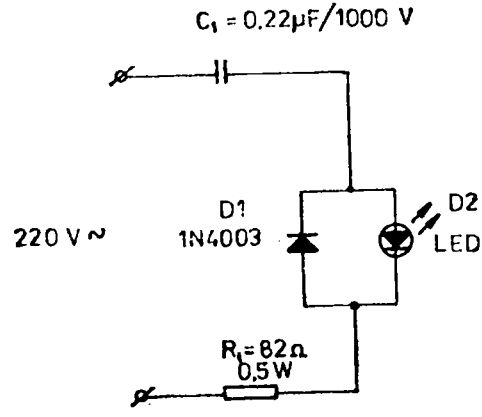


Fig. VIII.1. Indicator al prezenței tensiunii de rețea.

2. VERIFICAREA SURSELOR DE ALIMENTARE

Sursele de alimentare pentru montajele construite de amatori pot fi baterii electrochimice sau alimentatoare de la rețeaua de curent alternativ.

Bateriile se verifică, în primul rînd, măsurîndu-le tensiunea la borne cînd acestea nu sînt conectate în circuit, apoi trebuie măsurată tensiunea cînd bateriile sînt conectate la un consumator.

Dacă în ambele cazuri tensiunea se menține la valoarea nominală înseamnă că bateriile pot fi utilizate. Cînd sînt montate mai multe baterii în serie, cum este cazul alimentării unor radioreceptoare, trebuie verificate pe rînd toate bateriile, fiindcă este suficient ca o singură baterie să fie defectă și întregul sistem este compromis.

Dacă alimentarea cu energie electrică se face dintr-un alimentator conectat la rețea, verificarea este mai complicată. Prima măsurătoare este a tensiunii de ieșire; dacă aceasta are valoarea normală, alte măsurători nu mai sînt necesare. În caz contrar se verifică pe rînd diverse puncte principale.

Verificarea începe cu punerea în evidență a tensiunii de rețea, apoi tensiunile pe transformator, puntea redresoare și bineînțeles elementele stabilizatorului electronic dacă acesta există.

În afara măsurătorilor electrice se mai verifică dacă transformatorul nu se încălzește sau dacă tranzistorul sau tranzistoarele nu se încălzesc (eventual rezistoarele). *(I.M.)*

3. MĂSURAREA CURENȚILOR

Instrumentul consacrat pentru măsurarea intensității curenților în curent continuu și în curent alternativ de joasă frecvență este *ampermetrul.* Pentru curent continuu acesta se compune dintr-un instrument indicator și rezistoare montate paralel, numite șunturi, a căror valoare ohmică este funcție de valoarea curentului ce urmează a fi măsurat. Caracteristica principală a ampermetrului este că el are rezistență proprie foarte mică și totdeauna se conectează în serie cu circuitul supus măsurătorii.

Măsurarea curenților se poate face și prin metode indirecte în care se pune în evidență efectul lor. Așa, de exemplu, de multe ori măsurînd cu un voltmetru căderea de tensiune la bornele unui rezistor cu valoarea rezistenței cunoscută, determinăm cu ușurință valoarea curentului ce străbate rezistorul. Metoda este folosită în cazul curenților cu frecvență mare unde prezența unui instrument serie perturbă funcționarea circuitului.

Curenții de joasă frecvență sînt întîi redresați apoi aplicați ampermetrului de c.c. *(I.M.)*

4. MĂSURAREA COMPONENTELOR RLC

Rezistoarele, elemente de circuit cu comportare identică atît în curent alternativ cît și în curent continuu se pot măsura cu ohmmetrul, cu ajutorul unei punți de măsură sau prin metode indirecte.

Ohmmetrul se bazează pe faptul că prezența în plus a unui rezistor într-un circuit, diminuează valoarea curentului prin acel circuit. Cum ohmmetrul are o sursă proprie de tensiune, scara sa este gradată direct în ohmi funcție de diminuarea curentului în instrumentul indicator produsă de rezistorul supus măsurătorii.

Rezistoarele se măsoară și cu ajutorul punților, în special cînd se urmărește precizie sau cînd valoarea măsurată este destul de mică.

Bobinele (L) și capacitoarele (C), elemente de circuit cu aplicabilitate în special în curent alternativ de joasă sau înaltă frecvență se măsoară cu ajutorul punților de înaltă frecvență, sau cu ajutorul unor circuite oscilante.

Astfel, dacă avem un capacitor de valoare cunoscută și o bobină a cărei valoare de inductanță dorim să o cunoaștem, construim cu aceste elemente un circuit oscilant. Cu ajutorul unui generator și a unui voltmetru determinăm valoarea frecvenței de rezonanță a acestui circuit.

Cunoscînd relația dintre frecvența de rezonanță și elementele circuitului, $\omega^2 = (LC)^{-1}$, se poate calcula valoarea inductanței bobinei. Același procedeu se folosește și pentru capacitoare. Metoda se aplică în special la elementele bobinei și capacitoare de valori mici, utilizate în circuite de radiofrecvență.

Există și instrumente special construite pentru măsurarea capacitoarelor, numite *capacimetre*, și pentru măsurarea bobinelor, numite *inductanțmetre*.

Ambele se bazează fie pe metoda punții fie a circuitelor oscilante, fie a reactanței acestor elemente la o anumită frecvență. *(I.M.)*.

5. OHMMETRU

Instrumentul prezentat în figura VIII.2 servește la măsurarea rezistențelor cu valori cuprinse între 10 MΩ

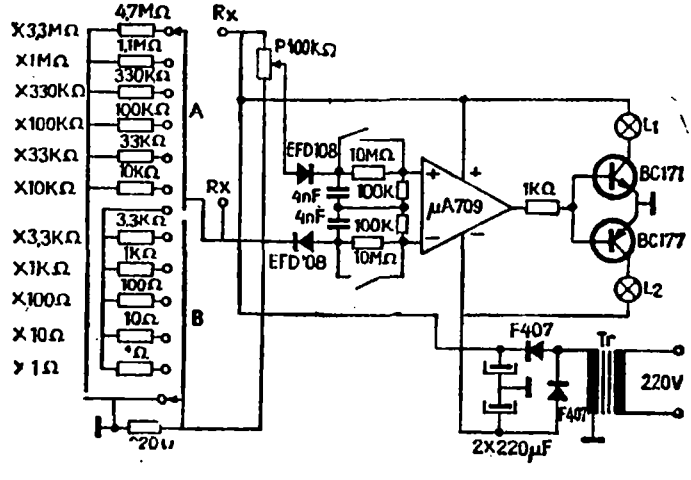


Fig. VIII.2. Ohmmetru.

și 0,1 Ω, precizia măsurătorii fiind bună, de aproximativ 0,5%.

Funcționarea se bazează pe principiul obișnuitei punți, în care două brațe sînt formate din rezistorul fix și rezistorul R_x a cărui valoare urmează a fi măsurată, iar două brațe sînt formate din potențiometrul P.

Ca să se asigure precizia măsurătorilor, aceasta se efectuează pe 11 game prin intermediul a două comutatoare.

Valorile tensiunilor din punte sînt aplicate apoi unui circuit integrat μA 709 (sau MAA 504, MAA 501). La ieșirea acestui circuit sînt cuplate două tranzistoare — unul *npn* și altul *pnp* —, care au ca sarcină cîte un bec de 24 V/40 mA.

Cînd puntea este în dezechilibru, unul din becuri este aprins. Numai la echilibrul punții ambele becuri sînt stinse.

Alimentarea instrumentului se face cu tensiune de ± 15 V, obținută dintr-un transformator care în primar primește 220 V, iar în secundar 10 V. Consumul etajului nu depășește 60 mA. Se poate folosi și un transformator de sonerie.

Cînd se măsoară rezistențe mai mici de 10 kΩ intră în acțiune comutatorul B, comutatorul A fiind pe ultimul plot. În această situație, intrarea circuitului integrat se face prin cele două rezistoare de 10 MΩ (în caz contrar sînt scurtcircuitate).

După terminarea construcției ohmmetrului se face etalonarea. Această operație este destul de simplă. Se iau rezistoare a căror valoare este cunoscută și se montează la instrument, apoi în jurul axului potențiometrului se trasează scale ale valorilor.

Se poate trasa și un grafic al valorilor dacă în jurul axului potențiometrului se marchează numai cîteva cifre.

Este recomandabil ca potențiometrul să fie cu variația liniară a rezistenței, iar utilizarea sa să se facă numai pentru ± 50° față de poziția mediană. *(I.M.)*

6. CAPACIMETRU

Capacimetrul prezentat în figura VIII.3 cu citire directă permite măsurarea precisă a capacităților cu valori mari (500 nF ... 50 000 μF).

Schema cuprinde două generatoare de curent constant (tranzistoarele T_1 și T_2), un etaj comparator (circuitul integrat CI_1) și un etaj repetor (circuitul integrat CI_2).

Diodele D_1, D_2, tranzistorul T_1 și rezistoarele R_0, R_1 formează un generator de curent constant.

În stare de repaus, comutatorul K_1, fiind în poziția „a", șuntează condensatorul cu valoare necunoscută (C_x) și condensatorul etalon (C_2). Cu ajutorul divizorului R_3—R_4, pe intrarea neinversoare a amplificatorului operațional β *A 741* se aplică o tensiune de referință pozitivă (U_R).

Intrarea inversoare fiind conectată prin rezistorul R_2 la un potențial nul, circuitul integrat se află în stare de saturație, tensiunea pe ieșirea sa fiind de circa 11,2 V.

Tensiunile măsurate în baza și emitorul tranzistorului T_1 sînt de circa

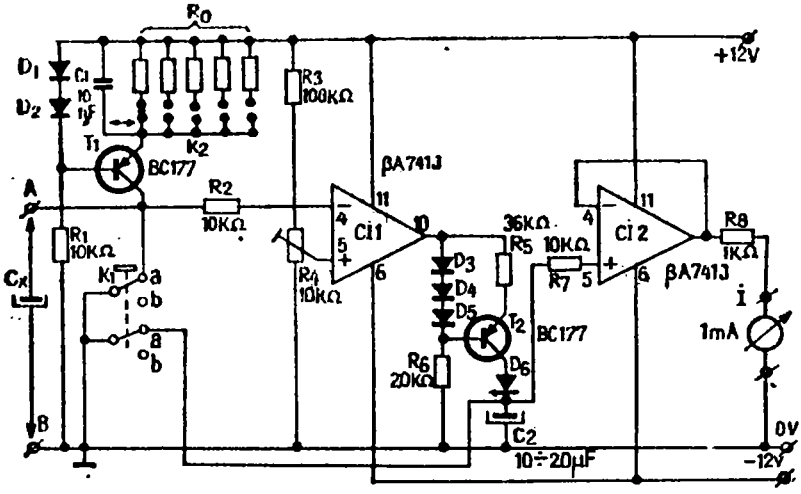


Fig. VIII.3. Capacimetru.

10,7 V şi respectiv 11,2 V, iar în baza şi emitorul tranzistorului T_2 de circa 9,6 V şi respectiv 10,2 V.

Diodele D_3,D_4,D_5, tranzistorul T_2 şi rezistoarele R_5 şi R_7 formează un alt generator de curent constant.

În momentul acţionării comutatorului K_1 începe încărcarea condensatorilor C_x şi C_2 cu curenţii I_1 şi respectiv I_2.

În momentul în care tensiunea pe condensatorul C_x depăşeşte valoarea tensiunii de referinţă (U_R), circuitul comparator îşi schimbă starea, tensiunea la ieşirea sa devine aproximativ — 9,9 V.

Curentul I_2 încetează datorită blocării tranzistorului T_2.

Încărcarea condensatorului C_2 durează pînă în momentul în care $U_{Cx} = U_R$.

Deci tensiunea de încărcare a condensatorului etalon C_2 depinde liniar de mărimea condensatorului necunoscut C_x.

Schimbarea gamei de măsură se poate realiza modificînd doar valoarea curentului I_1, adică modificînd valoarea rezistoarelor R_0.

• Tensiunea de încărcare a condensatorului C_2 se menţine şi după blocarea tranzistorului T_2 datorită diodei D_6, care în acest moment se polarizează invers.

Etajul repetor de tensiune prezintă o impedanţă mare de intrare şi amplificare unitară. Instrumentul electromagnetic măsoară, aşadar, tensiunea maximă de încărcare a condensatorului C_2, care este proporţională cu valoarea condensatorului de măsurat.

Diodele utilizate sînt cu siliciu (F107, F407, 1N4007, 1N914 etc.).

Condensatorul etalon C_2 trebuie să fie de bună calitate (de preferinţă cu tantal) şi va avea o valoare cuprinsă între 10 şi 20 μF.

Subgamele de măsură se aleg cu comutatorul K_2. Pentru subgame având capetele de 1, 10, 100, 1 000 şi

10 000 μF, valorile rezistoarelor R_6 vor fi de 4,7 MΩ, 470 kΩ, 47 kΩ, 4,7 kΩ și 470 Ω. *(I.M.)*

7. FRECVENȚMETRU

Aparatul, a cărui schemă este prezentată în figura VIII.4, permite citirea frecvențelor cuprinse între 10 Hz și 10 MHz în 6 game. Etalonarea instrumentului de la 0 la 100 este suficientă pentru a citi și gamele superioare prin simpla multiplicare cu 10, 100 etc.

După cum se poate observa în figură, este vorba de o schemă cu două tranzistoare și două circuite integrate logice.

Pentru o funcționare corectă a montajului, semnalul trebuie amplificat pînă la limita de funcționare corectă a circuitului basculant monostabil.

Tranzistorul T_1 nu amplifică, dar realizează o impedanță de intrare mare (repetor). Rezistorul de 6,3 kΩ protejează intrarea amplificatorului în cazul unei tensiuni mai mari de 6—4 V. Pînă la amplitudinea de 6,9 V, semnalul este transmis în întregime la ieșirea primului etaj. Peste această valoare se deschide dioda Zener. De la ieșirea acestui etaj, semnalul este transmis unui amplificator cu o poartă SI-NU. Din potențiometrul P_1 se reglează punctul static astfel încît acesta să fie plasat în mijlocul pantei caracteristicii de transfer.

Porțile I_1 și I_2 formează un trigger Schmitt. Potențiometrul P_2 se reglează astfel încît frecvențmetrul să reacționeze la semnale de intrare cu amplitudinea cît mai mică.

Partea propriu-zisă de frecvențmetru este formată dintr-un circuit basculant monostabil de tip CDB 4121 E.

Fiecare front pozitiv al semnalului de intrare produce la ieșire un impuls avînd lățimea proporțională cu valoarea rezistenței și a capacității selec-

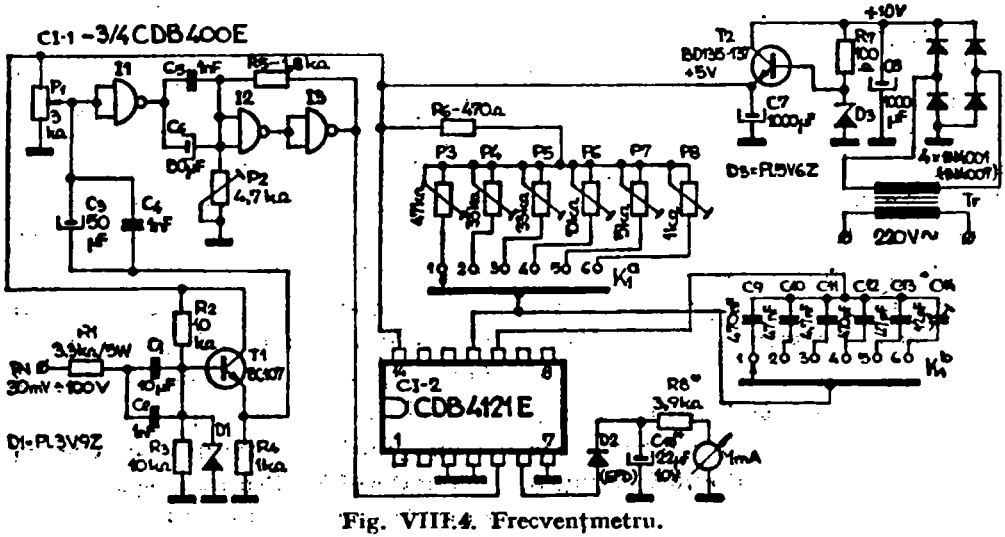


Fig. VIII.4. Frecvențmetru.

tate prin intermediul comutatorului. Potențiometrele semireglabile permit obținerea unei durate variabile pentru impuls. Din aceste potențiometre se reglează capătul de scală.

Semnalul de la ieșirea 6 este transmis prin dioda D_2 circuitului de integrare. Valorile rezistenței și condensatorului sînt valabile pentru un instrument de 1 mA.

Alimentatorul utilizează numai un tranzistor. Transformatorul furnizează o tensiune de aproximativ 7 V (poate fi un transformator de sonerie).

Punerea în funcțiune și reglarea se fac cu ajutorul unui generator de semnale etalonat. Se scot capetele dinspre poarta *I* ale condensatoarelor C_5 și C_6. Amîndouă se conectează la generator. Se fixează o frecvență de 100 Hz, cu o amplitudine de aproximativ 1 V_{vv}. Comutatorul K_1 se așază pe poziția *1*. Se reglează P_3 pe poziția cu valoarea minimă a rezistenței. Din P_3 se caută un maxim al indicației instrumentului. Revenind, se reglează P_3 astfel încît acul să indice cap de scală (100 Hz). Se comută generatorul pe 50 Hz. Instrumentul trebuie să indice 50. Dacă da, înseamnă că reglajul este bnie făcut. În caz contrar, se acționează asupra valorii rezistenței R_8. Se revine apoi și se reface reglajul pentru gradația 100, după care se verifică din nou gradația 50. Cu aceasta s-a terminat reglajul pentru prima gamă. La gamele următoare etalonarea se face numai din potențiometrele semireglabile P_6-P_5. Reglarea fiind terminată, se cuplează condensatoarele C_5 și C la loc (în montaj). Acum se desfac capetele lui C_3 și C_4 dinspre tranzistorul T_1. Amîndouă se cuplează la generator, de la care se preia un semnal cu amplitudinea (în jur) de 500 mV. Comutatorul frecvențmetrului se așază pe una din pozițiile *1—6*. Prin rotirea potențiometrului P_1 se obține indicația corespunzătoare frecvenței generatorului. Se micșorează nivelul semnalului pînă cînd acul instrumentului indică zero. Din nou se rotește din P_1, pînă se obține indicația anterioară. Se continuă cu micșorarea amplitudinii semnalului, pînă în momentul în care instrumentul ajunge la o stare de incertitudine și se marchează poziția potențiometrului. Acesta va fi punctul în care instrumentul va avea eficacitatea maximă cînd se măsoară frecvența semnalelor sinusoidale. Amplitudinea citită la generator în acest moment reprezintă sensibilitatea maximă a frecvențmetrului. Pentru alte forme de semnal cu amplitudinea apropiată de valoarea minimă pentru care frecvențmetrul măsoară corect, se va roti potențiometrul P_1 pînă ce se va găsi plaja în care acul indică aceeași gradație. Se lipesc condensatoarele la locul lor, iar generatorul se trece la intrare. Avînd fixată o valoare oarecare a frecvenței, se mărește amplitudinea semnalului pînă la 100 V. Indicația instrumentului trebuie să rămînă constantă. În caz contrar se reface reglajul potențiometrelor P_1 și P_2.

Dacă pe scalele superioare (0,1—1 MHz, 1—10 MHz) timpul de răspuns este prea mare, se micșorează condensatorul C_{15} pînă la obținerea efectului dorit. *(I.M.)*

8. VERIFICAREA DIODELOR ȘI A TRANZISTOARELOR

Metoda rapidă și foarte des aplicată de constructorii amatori pentru verificarea diodelor de toate tipurile și a tranzistoarelor este măsurarea joncțiunilor cu ajutorul unui ohmmetru.

Atît diodele cît și tranzistoarele sînt construite din joncțiuni *PN*, care se caracterizează prin conductibilitatea unilaterală adică polarizate într-un sens prezintă o rezistență mică, iar în sens contrar o rezistență foarte mare.

Aplicînd o baterie de 4,5 V la o diodă redresoare serie cu un rezistor (de exemplu 1 kΩ), dacă plusul bateriei este conectat la anod prin rezistor va circula un curent, iar la bornele sale se poate măsura o cădere de tensiune; prin conectarea minusului bateriei la anod dioda este blocată, iar prin circuit nu circulă curent.

Dacă inscripționarea de pe o diodă Zener este ștearsă, și vrem să aflăm ce tensiune stabilizează, conectăm dioda polarizată invers, serie cu un rezistor de 10 KΩ, la o sursă de 20 V c.c. Cu un voltmetru măsurăm tensiunea la bornele diodei, aceasta este chiar tensiunea Zener, cu condiția ca dioda să aibă o tensiune de stabilizare inferioară lui 20 V.

La un tranzistor se măsoară cu ohmmetrul joncțiunile *BE* și *BC*, care trebuie să prezinte, pentru o anumită polarizare, rezistență mică și pentru cealaltă polarizare rezistență mare (prin inversarea firelor de la ohmmetru) Joncțiunea *CE* în toate cazurile trebuie să prezinte o rezistență mare. Fac excepție unele tranzistoare care au conectate diode de protecție în paralel pe joncțiuni. Aceste tranzistoare se pot verifica numai în tranzistormetru, aparat special destinat măsurării tranzistoarelor. Cu ajutorul tranzistormetrului se pot măsura cu precizie toți parametrii unui tranzistor, dar pentru scopuri amatoricești este suficient să măsurăm factorul de amplificare β definit ca variația curentului de colectare funcție de variația curentului de bază.

Un alt mod de verificare a tranzistoarelor constă în cuplarea lor într-un circuit. Astfel, se construiește un radioreceptor și unul din locurile pentru un tranzistor este prevăzut cu soclu; tranzistorul ce urmează a fi testat se introduce în acest soclu și dacă radioreceptorul funcționează rezultă că tranzistorul este în stare de funcționare.

Un alt mod de verificare a tranzistoarelor de înaltă frecvență este construirea unui oscilator cu cuarț; dacă tranzistorul este în stare bună, oscilatorul va funcționa. Acest sistem se aplică și la tranzistoare FET și MOS-FET. *(I.M.)*

9. VERIFICAREA LA „RECE" A MONTAJULUI

Expresia verificare la „rece" provine de la montajele cu tuburi electronice, cînd catodele acestora erau neîncălzite.

Actualmente, cînd tuburile electronice sînt folosite numai în situații speciale și cînd constructorul amator folosește cu precădere tranzistoarele și circuitele integrate, această noțiune reprezintă situația cînd montajul este

nealimentat cu energie electrică. Deci după ce am construit un montaj, adică am plantat și lipit elementele componente este recomandat să mai verificăm respectarea schemei electrice de principiu înainte de a conecta sursa de alimentare. În felul acesta se evită unele neplăceri, de multe ori soldate cu distrugerea unor piese importante. Astfel se va verifica poziția unor componente de exemplu să nu se atingă accidental între ele terminalele unor piese, rezistoare, condensatoare, tranzistoare etc. Se va verifica dacă în procesul de lipire nu a curs cositor și s-a stabilit vreun scurtcircuit între diverse trasee ale cablajului. Se va verifica totodată dacă în procesul lipirii din cauza supraîncălzirii la unele componente nu s-au desfăcut terminalele. În unele cazuri cînd avem îndoieli asupra integrității unor trasee din cablaj, acestea vor fi măsurate și controlate cu un ohmmetru. Tot cu un ohmmetru se vor verifica și unele componente din circuit, pentru a verifica dacă după montarea lor și-au menținut integritatea, respectiv valorile inițiale.

Important este să vedem dacă lipiturile sînt bune și dacă pe ele sau pe trasee nu a mai rămas eventual pastă decapantă, care, în timp, ar produce distrugerea circuitelor, și ca atare aceste elemente corozive trebuie îndepărtate sau neutralizate.

În montajele ce lucrează la frecvențe radio, important este să verificăm starea și poziția în montaj a bobinelor, a condensatoarelor semireglabile etc.

Și ca o ultimă verificare la rece, se va observa dacă unele porțiuni din cablajul imprimat nu se defoliază în special în locurile de conectare cu terminalele circuitelor integrate sau a tranzistoarelor. *(I.M.)*

10. VERIFICAREA REGIMULUI STATIC AL MONTAJULUI

După verificarea la rece, după ce s-a constatat că totul este bine montat, că nu există atingeri între piese etc., urmează verificarea montajului în regim static, alimentînd montajul.

De exemplu, verificarea unui alimentator constă în cuplarea montajului la rețea și verificarea prezenței tensiunii în diverse puncte. Apoi măsurăm tensiunile în punctele respective și comparăm valorile măsurate cu cele indicate în schema de principiu.

La un amplificator de audiofrecvență, verificarea regimului static se face în felul următor: se alimentează amplificatorul, dar la intrarea sa nu se aplică semnal; se verifică mai întîi polarizarea etajului final de putere, măsurîndu-se în același timp curentul de repaus, acționîndu-se asupra elementelor de reglaj astfel ca aceste mărimi să aibă valorile indicate. În caz contrar, acest etaj va funcționa asimetric și unul din tranzistoare va putea chiar să se deterioreze.

După aducerea etajului final în regimul prescris de funcționare se măsoară pe rînd tensiunile de polarizare a celorlalte etaje. Astfel, se va măsura tensiunea pe emitor, pe colector și chiar pe baza fiecărui tranzistor.

Măsurarea tensiunii pe emitor poate furniza de cele mai multe ori informații

complete asupra funcționării etajului, fiindcă valoarea curentului de emitor este dictat de polarizarea bazei și deci cunoscînd tensiunea de emitor și valoarea rezistorului montat în emitor deducem curentul de emitor, care este sensibil egal cu valoarea curentului de colector.

Regimul static verificat și apoi stabilit creează certitudinea că funcționarea montajului în regim dinamic va fi corespunzător cu performanțele enunțate.

Verificarea în regim static se face la orice montaj atît cu tranzistoare cît și cu circuite integrate. La acestea din urmă se măsoară polarizările diverselor terminale, eventual determinarea consumului de curent intercalînd între sursa de alimentare și circuitul integrat un miliampermetru. *(I.M.)*

11. GENERATOR PENTRU DEPANARE

Depistarea comodă a defectelor ce survin în aparatura TV sau radio se poate face utilizînd un generator de semnale avînd un spectru cît mai larg posibil. Astfel de semnale pot traversa atît etaje de joasă frecvență, cît și cele de medie sau înaltă frecvență.

Generatorul din figura VIII.5 produce impulsuri cu un spectru cuprins între 400 Hz și 1 000 MHz. Se înțelege deci că el poate fi utilizat la testarea blocurilor funcționînd și în gama undelor decimetrice. Generarea unor impulsuri cu un spectru atît de extins nu este posibilă cu tranzistoare lucrînd un regim obișnuit.

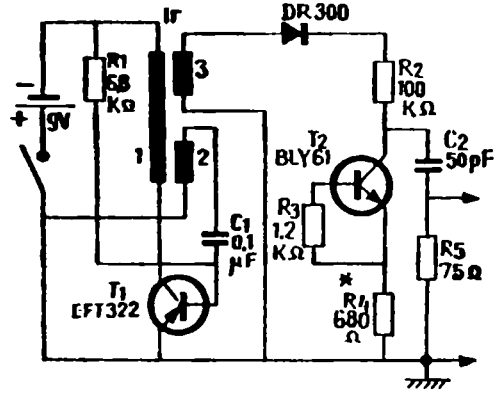


Fig. VIII.5. Generator pentru depanare.

Soluția adoptată în schemă constă în „forțarea" tranzistorului T_2 încît acesta să lucreze în regim de avalanșă. Funcționînd într-un astfel de regim, tranzistoarele pot genera impulsuri a căror durată de creștere este extrem de rapidă (literatura menționează fracțiuni de nanosecundă). Regimul de avalanșă se menține alimentînd tranzistorul cu o tensiune mult mărită. De aceea, în schemă este prevăzut un convertor de tensiune realizat cu tranzistorul T_1 și transformatorul TR.

Cînd tensiunea pe condensatorul C_2 atinge o valoare de 50—70 V, se declanșează fenomene de ionizare la nivelul joncțiunilor tranzistorului și în consecință C_2 se descarcă rapid prin T_2. Cuplînd generatorul la antena unui receptor TV, pe ecran apar dungi orizontale și linii verticale subțiri. Întrucît amplitudinea impulsurilor pe R_5 atinge valori de vîrf în jur de 10—15 V, ele pot fi reduse reglînd rezistența R_4. Constructiv, generatorul se va introduce într-o cutie metalică cu dimensiunile de 120×30×25 mm. Alimentarea se face de la o baterie de 9 V

de tip miniatură. Transformatorul va avea o secțiune de 0,8 cm². Primarul (1) conține 60 de spire Cu-Em cu $\varnothing = 0{,}1$ mm; înfășurarea 2 conține 85 de spire, iar înfășurarea 8 va avea 800 de spire. Sîrma va fi Cu-Em cît mai subțire posibil (eventual 0,1 mm).

12. GENERATOR RC

Generatorul prezentat în figura VIII.6 este de tip RC, conține trei tranzistoare obișnuite, fiind util în reglarea și verificarea amplificatoarelor de audiofrecvență.

Cu acest generator se obține semnal sinusoidal în 8 game cu frecvența între 80 Hz și 86 kHz dispusă astfel: 80 Hz—360 Hz; 800 Hz—3 600 Hz; 8 kHz — 86 kHz.

Schimbarea gamelor se face cu un comutator 2×8 poziții sau cu fire prevăzute cu banane.

Acordul în fiecare gamă se face dintr-un potențiometru dublu, 2×10 kΩ.

Pentru ca valoarea semnalului să fie cît mai constantă și la capete de gamă se folosește un bec de 24 V și 25 mA. Totodată, ca referință de tensiune este montată și dioda Zener DZ de tip PL5VIZ.

Primele tranzistoare sînt *pnp* de tip EFT 853. Ca amplificator este montat un tranzistor BC 107.

La ieșire este montat un atenuator din care se culeg diverse valori ale semnalului.

Cînd montajul a fost terminat, intrarea în oscilație se reglează din P_2, iar din P_1 se reglează nivelul de ieșire astfel: cu potențiometrul P_3 pe poziție maximă trebuie să se citească pe ieșirea atenuatorului 1,5 V_{ef}. Acest nivel se stabilește din P_1.

După acest reglaj, valorile pentru semnal pe fiecare poziție a atenuatorului se stabilesc din P_3, care are și o scală în jurul axului. De reținut că montajul necesită tensiune de alimentare stabilizată. *(I.M.)*

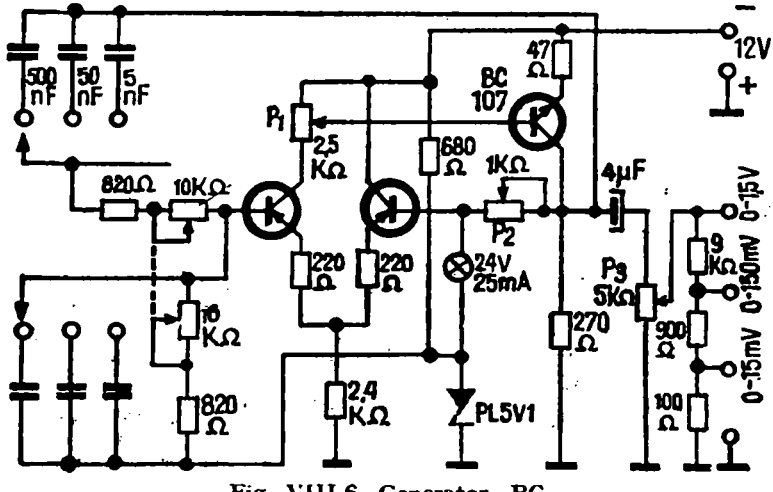


Fig. VIII.6. Generator RC.

CAPITOLUL IX

CÎTEVA CONSTRUCȚII UZUALE

1. TERMOMETRU

Termometrul electronic prezentat poate servi la controlul temperaturii apei dintr-un acvariu, în tehnica foto, la măsurarea temperaturii corpului (prin gradarea scalei în intervalul 35°C—42°C) etc.

Schema prezentată în figura IX.1 conține o punte Wheatstone și un circuit de măsură format dintr-un amplificator operațional β A 741 și un miliampermetru de 0—1 mA.

Sensibilitatea mare și precizia ridicată rezultă din folosirea unei punți modificată astfel încît să fie sesizate diferențe mici de temperatură. Într-adevăr, rezistența semireglabilă R_1 și rezistența R_2 formează cele două laturi superioare ale punții, care sînt echilibrate de cele două brațe inferioare reprezentate prin termistorul Th și rezistorul R_3.

Tensiunea de alimentare a punții, aplicată prin intermediul rezistoarelor R_6 și R_8, este stabilizată de dioda Zener D_1. Condensatorul C_1 filtrează această tensiune și elimină eventualele semnale parazite care ar putea influența puntea.

Fiind dată de variația de temperatură, valoarea ohmică a rezistenței termistorului variază proporțional, rezultînd o diferență de potențial între cele două intrări ale amplificatorului operațional. Amplificarea etajului este de 2 000. Această valoare poate fi

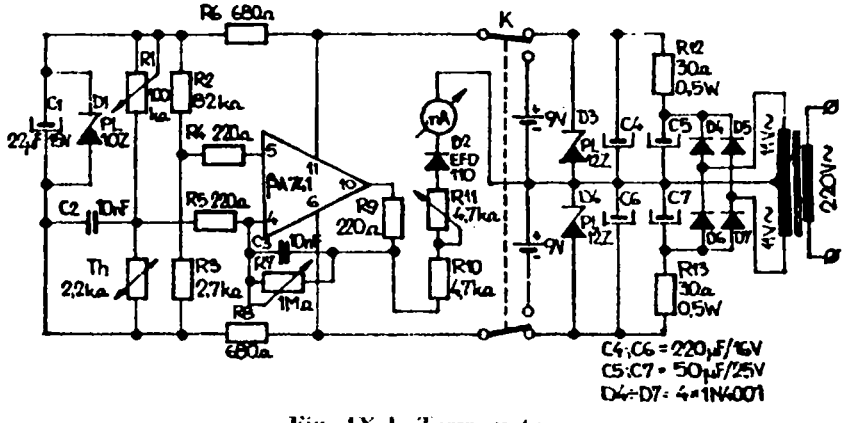


Fig. IX.1. Termometru.

redusă cu scopul de a obține o liniaritate crescută.

Rezistența semireglabilă R_1 servește la fixarea punctului de origine a scalei, adică temperatura minimă măsurată. Din rezistența semireglabilă R_7 se stabilește domeniul maxim de măsură. Printr-o reglare corespunzătoare a rezistențelor R_1 și R_7 se poate atinge un domeniu cuprins între —25°C și + 180°C.

Ieșirea amplificatorului operațional este conectată la un miliampermetru de 1 mA, prin intermediul rezistorului R_{10} și al rezistenței semireglabile R_{11}. Dioda D_2 protejează instrumentul în cazul în care se măsoară o temperatură mai joasă decît cea stabilită.

Alimentarea montajului se face de la o sursă dublă. Trecerea alimentării de la rețea la baterii se face cu ajutorul comutatorului *K*. Alimentatorul de la rețea conține un transformator care furnizează o tensiune de 22 V. Înfășurarea secundară are priză mediană. După redresare și filtrare se obține o tensiune dublă de aproximativ ± 15 V față de masă. După stabilizare se obțin cele două tensiuni de ± 12 V.

Transformatorul trebuie să suporte un curent minim de 100 mA. *(I.M.)*

2. CIRCUIT PENTRU CONTROLUL TEMPERATURII

Uneori este necesar controlul temperaturii diferitelor subansamble sau obiecte supuse în mod normal sau accidental încălzirii. Poate fi vorba de temperatura unui calorifer electric sau a radiatorului tranzistoarelor de putere ale etajului final sau de temperatura dintr-un termostat etc.

În figura IX.2 prezentăm schema unui circuit pentru controlul temperaturii realizat pe principiul independenței tensiunii directe U_D a diodei cu siliciu funcție de temperatură.

Descrierea schemei de principiu. La o diodă cu siliciu uzuală tensiunea directă U_D scade cu temperatura cu aproximativ 2 mV pe grad Celsius. Dacă, la 0°C, U_D este în jur de 600 mV, la + 50°C va fi de 500 mV. Astfel, o sondă de temperatură realizată cu o diodă cu siliciu se poate utiliza la realizarea unui termometru sau în schema de control a temperaturii. În schema prezentată sonda conține dioda D_1, de tip 1N4148. Circuitul integrat βA 723 este un stabilizator de tensiune, dar în acest montaj se utilizează numai tensiunea de referință de la terminalul *6*, care este bine stabilizată și are valoarea în jur de 7 V. Tensiunea de referință U_{ref} alimentează două divizoare de tensiune, unul care conține dioda D_1 din sondă și celălalt care conține rezistența reglabilă de 5 kiloohmi. Amplifi-

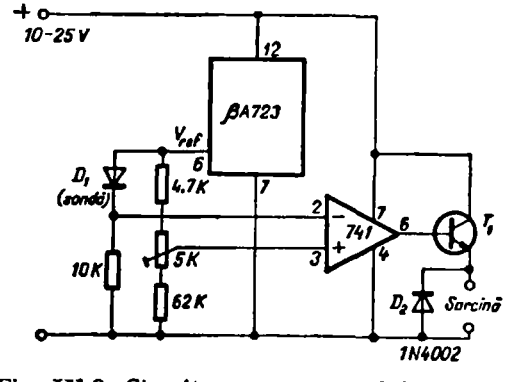


Fig. IX.2. Circuit pentru controlul temperaturii.

catorul operațional βA 741 este în configurație de comparator. Pe intrarea inversoare (terminalul *2)* primește tensiunea de la sonda termometrică, iar pe intrarea neinversoare (terminal *3)* tensiune de pe cursorul rezistorului variabil. Cînd aceste tensiuni sînt egale, comparatorul basculează și polaritatea tensiunii de la ieșire (terminalul *6)* se va schimba. La tensiune pozitivă pe terminalul *6*, tranzistorul T_1 de tip *NPN* este saturat și sarcina din circuitul de emitor este activată. Sarcina poate fi o lampă sau un releu. În cazul tensiunii negative la ieșirea comparatorului, tranzistorul T_1 este blocat, deci prin sarcină nu va circula curent. Polaritatea la ieșirea din comparator este pozitivă cînd la intrarea inversoare tensiunea este mai mare decît la intrarea neinversoare. O dată cu creșterea temperaturii sondei, tensiunea la intrarea inversoare va crește și la un moment dat va fi egală cu tensiunea prereglată de pe cursorul rezistenței semireglabile, și atunci comparatorul basculează. Dacă inversăm legăturile la intrările comparatorului, *2* cu *3*, circuitul de control va funcționa prin dezactivarea sarcinii la atingerea temperaturii dorite. Domeniul temperaturilor de lucru la asemenea circuite poate fi între — 60° și 175°C.

Recomandări constructive și reglaje. Forma constructivă a sondei depinde de obiectul a cărui temperatură dorim să o controlăm. Pentru corpuri solide cum ar fi: radiatoare electrice, termostate, radiatoare de răcire, țevi sau recipiente recomandăm ca dioda să fie fixată direct pe suprafața respectivă cu un mic colier, iar terminalele să fie lipite la două fire de culori diferite și apoi lipiturile izolate cu tuburi de PVC. La temperaturi mai mici de + 60°C se poate lipi dioda cu araldit sau epoxi.

Pentru controlul temperaturii unor lichide, dioda se va introduce într-un tub metalic ermetic la un capăt și interiorul căruia va fi umplut cu compund siliconic, similar celui care se pune la baza tranzistoarelor de putere cînd se montează pe radiator. Cele două terminale ale diodei vor fi izolate pînă la corpul de sticlă cu tuburi din fibră de sticlă, care rezistă la temperaturi mai mari de 100°C. Pentru temperaturi mai scăzute este suficient și tubul de PVC. Sonda astfel realizată se va introduce în lichidul a cărei temperatură dorim s-o controlăm. Montajul se va executa pe cablaj imprimat pe care se poate fixa eventual și releul de semnalizare. În funcție de tensiunea de alimentare (12 V sau 24 V) se va alege și tipul releului sau a lămpii de semnalizare. Curentul pe care-l poate debita în sarcină depinde de tipul tranzistorului T_1 utilizat. Pînă la 100 mA se poate utiliza orice tip BC-*NPN*; peste 100 mA se recomandă tranzistor din seria BD—*NPN* cu care se poate obține 500...800 mA. Reglarea pragului de temperatură se face cu semireglabilul de 5 kΩ în modul următor: se încălzește sonda într-un vas cu apă a cărei temperatură o măsurăm cu un termometru cu mercur; la temperatura dorită reglăm 5 kΩ astfel ca releul (sau lampa) să acționeze. Este recomandabil a se reface ajustarea semireglabilului în jurul valorii reglate pentru mărirea preciziei. Dacă este

necesar a se modifica temperatura de lucru, semireglabilul se poate înlocui cu un potențiometru de 5 kΩ liniar, care se va monta pe un mic panou și va fi prevăzut cu un buton. Se va efectua operațiunea de reglare din cinci în cinci grade Celsius și se va nota pe panou poziția corespunzătoare a butonului potențiometrului. Referitor la circuitul integrat βA 723, el poate fi recuperat dintre circuite cu defecte parțiale pe partea de ieșire, dar care au tensiunea de referință U_{ref} de la terminalul *6*, bună. *(I.S.)*

3. FONOMETRU

Intensitatea sonoră poate comanda operații dintre cele mai diverse. Astfel, dacă într-o clasă de școală zgomotul produs de elevi depășește un anumit nivel, aprinderea automată a unui bec poate atrage atenția copiilor.

Undele sonore sînt captate de microfonul M, apoi amplificate de primul tranzistor T_1 (EFT 353, EFT 319 etc.). Semnalul electric excită apoi tranzistorul T_2 (EFT 323 sau AC 180), după care este redresat și aplicat iarăși bazei tranzistorului T_2. În colectorul său este montat un releu, care prin contactele sale comandă un element de execuție (bec, motoraș etc.). Din potențiometrul R_2 se stabilește pragul de zgomot de la care sistemul intră în funcțiune. *(I.M.)*

4. SESIZOR

Montajul din figura IX.4 este compus din două etaje, care împreună formează un sesizor de prezență.

Etajul cu tranzistorul T_1 este un oscilator pe o frecvență dictată de valoarea bobinei L_1. Această bobină poate fi de la media frecvență a unui receptor, o bobină de modulator undemedii, sau se bobinează pe o carcasă cu miez de ferită (150—180 de spire cu sîrmă de CuEm 0,08—0,1). Valoarea acestei bobine se ajustează din miezul de ferită.

Bobina L_2 se construiește pe un miez de ferită și are 300 de spire CuEm 0,08.

Intrarea în oscilație a etajului se obține din trimerul cuplat între emitorul și colectorul tranzistorului T_1. În caz că etajul nu oscilează, se mai montează în paralel cu acest trimer un condensator cu valoarea de 20—25 pF.

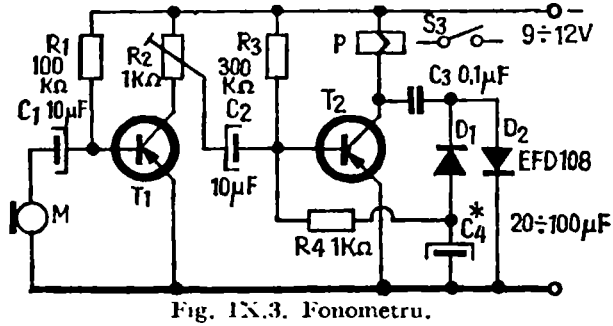


Fig. IX.3. Fonometru.

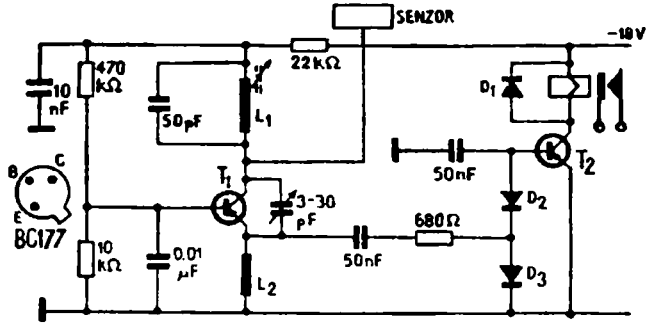


Fig. IX.4. Sesizor.

Semnalul de radiofrecvență de la oscilator este cuplat de diodele D_2-D_3, ce formează un grup redresor.

Componenta continuă astfel rezultată este aplicată pe baza tranzistorului T_2, care este adus în stare de conducție.

În această situație, releul se anclașează. Cînd o persoană atinge plăcuța sesizatoare, etajul oscilator iese din funcțiune, tranzistorul T_2 se blochează și prin contactele releului se semnalizează prezența persoanei.

Tranzistoarele T_1 și T_2 sînt de tip EFT 317, dar se pot monta și BC 177. Diodele sînt EFD 108 sau echivalente. Se recomandă ca legătura la senzor să se facă cu un cablu ecranat nu mai lung de 1,5 m. Senzorul este o placă metalică de 5×8 cm, izolată față de masă. Eventual se folosește suprafața unei plăci imprimate.

Alimentarea montajului se poate face de la un transformator de sonerie.

În secundarul transformatorului se montează un redresor dublor de tensiune. Diodele redresoare sînt 1 N4001, dar pot fi și de alt tip cu condiția să suporte 50 mA. *(I.M.)*

5. LUMINĂ PULSATORIE

În multe situații, cum ar fi: obținerea unor efecte luminoase la spectacolele de amatori, realizarea unei lumini de avertizare sau pentru întregirea unei decorațiuni sau ambianțe luminoase este necesară o lumină pulsatorie.

Prezentăm în figura IX.5 schema de principiu a unui montaj foarte simplu care produce lumină pulsatorie cu becuri alimentate direct de la rețea.

Descrierea schemei de principiu. Schema electrică este formată dintr-o punte redresoare (4×1N4007) și un circuit de comutație cu tiristor și diac. La conectarea la rețea, tensiunea este redresată și prin rezistoarele de 82 kΩ și 6,8 kΩ începe încărcarea capacitorului de 22 μF. În acest timp tiristorul *Th* neavînd semnal la grila de comandă este blocat. În această situație curentul ce trece prin lampa *L* este foarte mic și acesta nu luminează. După un timp tensiunea la care s-a încărcat capacitorul este egală cu tensiunea de deschidere a diacului. Din acest moment capacitorul se descarcă prin 6,8 kΩ, diac și grila de comandă a tiristorului, care se deschide și prezintă între anod

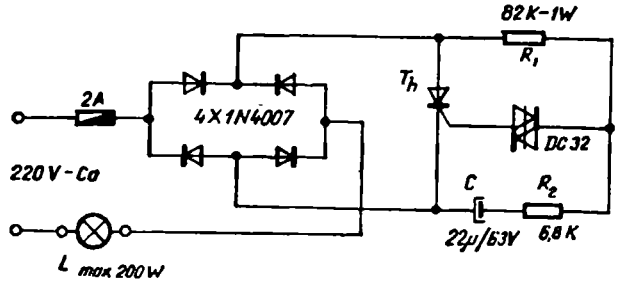


Fig. IX.5. Lumină pulsatorie de la rețea.

și catod practic un scurtcircuit. În această situație, lampa L este conectată practic la tensiunea rețelei de 220 V (din care se scade doar căderea de tensiune pe cele două diode din punte, circa 1,2 V) și se produce iluminarea ei. Tiristorul este deschis practic pînă cînd capacitorul se descarcă, apoi la prima alternanță negativă a tensiunii rețelei el se va bloca. Începe din nou încărcarea capacitorului și procesele se repetă. Prin urmare: perioada de timp cît lampa este stinsă depinde de valoarea rezistoarelor R_1, R_2 și a capacitorului C, iar cea cît lampa este aprinsă de valorile lui C și R_2. Prin ajustarea corespunzătoare a valorii acestora se pot obține diferite raporturi între starea „stins" și „aprins" a lămpii. Lampa L poate fi un bec cu puterea de maxim 200 W, sau cîteva becuri în paralel a căror putere însumată nu depășește 200 W. Cu diode și tiristor corespunzătoare, se poate mări puterea becurilor.

Recomandări constructive și reglaje. Montajul se poate realiza pe un cablaj simplu placat de circa 50×50 mm. Se vor verifica piesele și după realizarea circuitului se vor planta. Pentru siguranța de 2 A-rapidă se recomandă a se utiliza un corp de siguranță special pentru cablaje imprimate care se găsește în comerț. Între traseele de 220 V se va prevede o distanță de cel puțin 5 mm, iar lățimea acestora va fi de minim 3 mm.

Atenție! Montajul nu se va conecta la priză decît după următoarele:

— becurile să fie montate în fasunguri tip, din comerț și izolate corespunzător.

— conductoarele de conexiuni să fie bine izolate și fără înădituri.

— montajul să fie montat într-o cutie izolatoare.

— siguranța să fie calibrată de 2A-rapidă (indicativ F).

— să nu existe părți metalice la tensiunea rețelei neizolate.

Dacă s-au respectat acestea se introduce fișa în priză, iar dacă montajul a fost corect realizat el va funcționa din primul moment. Dacă se dorește modificarea perioadelor de funcționare, se deconectează de la rețea montajul și se ajustează R_1, R_2 și C, pentru a se obține rezultatul dorit. Valoarea lui R_1 nu poate fi micșorată prea mult, deoarece lampa rămîne prea mult aprinsă.

Pentru realizarea unor efecte deosebite se poate instala intercalat grupe de lămpi cu mai multe circuite pulsatoare cu perioade de timp reglate diferit. *(I.S.)*

6. DISPOZITIV DE REGLARE A VITEZEI TRENULEȚELOR ELECTRICE

În acționarea trenulețelor electrice este nevoie de corecția tensiunii pentru a menține constantă viteza, în cazul cînd acestea parcurg denivelări de teren. Pentru aceasta se folosește un dispozitiv care se montează între redresorul de alimentare și șinele pe care se rulează. Dispozitivul de reglare menționat are schema de principiu prezentată în figura IX.6. Trebuie avut în vedere ca montarea tiristorului să se facă pe un radiator confecționat din tablă de aluminiu, avînd dimensiunile de $60 \times 40 \times 1{,}5 \ldots 2$ mm.

Rezistorul R_3 se alege, ca valoare, în funcție de puterea electrică a locomotivei, iar potențiometrul R_1 prin care se face reglajul de viteză trebuie să fie cu variație liniară. Întregul montaj se introduce într-o carcasă din material plastic cu dimensiunile de $106 \times 73 \times 45$ mm.

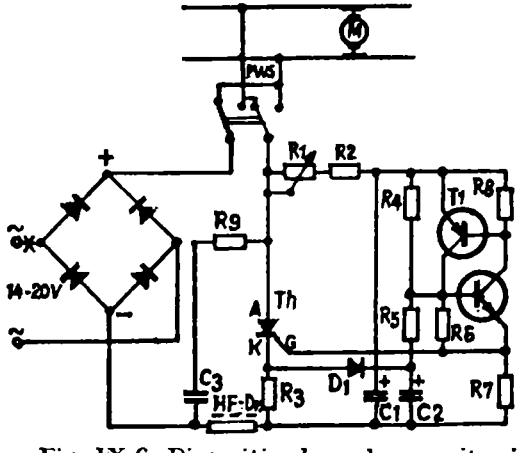


Fig. IX.6. Dispozitiv de reglare a vitezei trenulețelor electrice.

LISTA DE PIESE: $R_1 = 2{,}5$ kΩ; $R_2 = 150$ Ω; $R_3 = 1{,}5$—$2{,}7$ Ω/3 W; $R_3 = 5{,}6$ kΩ; $R_5 = 4{,}7$ kΩ; $R_6 = 470$ Ω; $R_7 = 15$ Ω; $R_8 = 150$ Ω; $R_9 = 100$ Ω; $C_1 = 1$ μF/25 V; $C_2 = 2{,}2$ μF/10 V; $C_3 = 0{,}1$ μF/35 V; $D_1 =$ AA 136; $T_1 =$ BC 177; $T_2 =$ BC 109; $Th =$ 2N 4442, (8 A); HF-Dr. (drosel) = 100 μH/2 A. *(I.M.)*

7. REGULATOR DE TENSIUNE

Montajul prezentat în figura IX.7 permite reglarea tensiunii la bornele unei sarcini notată *RS* în limitele 0...220V adică se poate controla puterea absorbită de sarcină. Aceasta se pretează foarte bine în cazul iluminărilor gradate dintr-o încăpere sau a controlului temperaturii atunci cînd sarcina este element încălzitor. Comanda se obține printr-o punte de diode care într-un braț are aplicată sarcina înseriată cu rețeaua, iar în celălalt braț un tiristor. Un grup RC cu valoare variabilă permite deschiderea tiristorului pe anumite porțiuni ale sinusoidei tensiunii de rețea. Dacă tiristorul este blocat, tensiunea la bornele lui *RS* este zero, iar cînd tiristorul este permanent deschis, practic la bornele lui *RS* se regăsește întreaga tensiune a rețelei. Reglajul pentru obținerea tensiunii dorite se face din potențiometrul de 150 kΩ.

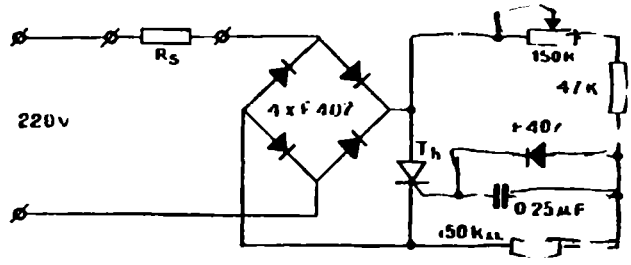


Fig. IX.7. Regulator de tensiune.

Cu diode în punte de tip F 407 sau 1N4007 se pot comanda puteri de pînă la 300 W. Se recomandă a folosi un tiristor care să admită un curent de 5 A. *(I.M.)*

8. FULGER ELECTRONIC

Schema din figura IX.8 este a unui blitz de putere mijlocie cu următoarele caracteristici:

— număr director: 30—40, pentru 20 DIN;

— frecvența iluminărilor: 4—5 pe minut la baterie, 15—20 pe minut pentru alimentarea la rețea;

— alimentarea: 220 V alternativ sau 4 baterii mari de 1,5 V (tip R 20).

Schema conține convertorul de tensiune cu transformatorul ridicător și un circuit regulator care menține un nivel maxim de încărcare constant.

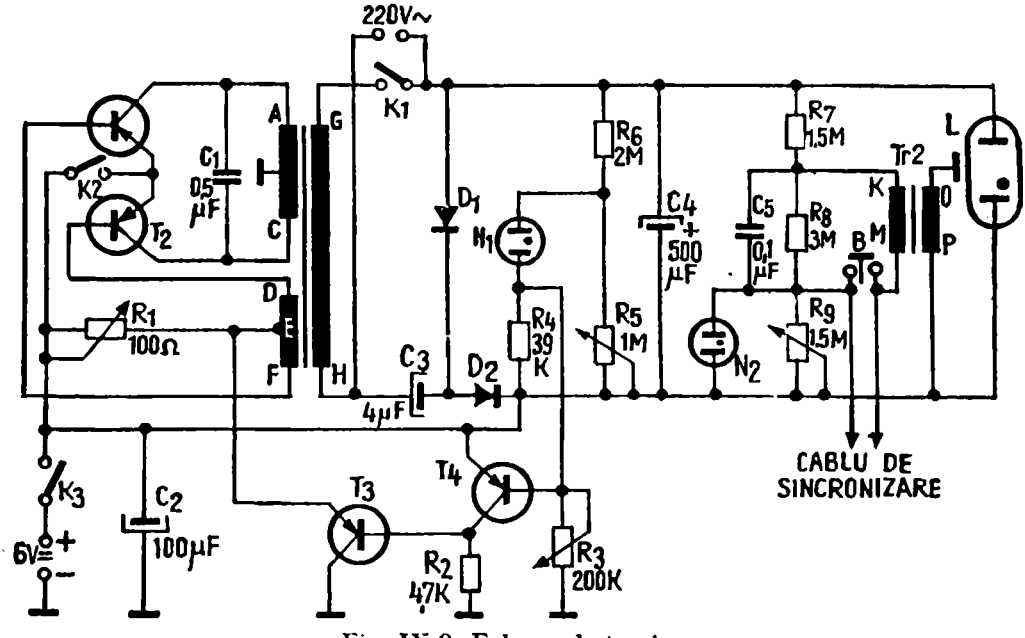


Fig. IX.8. Fulger electronic.

Datorită circuitului regulator se asigură constanța încărcării la o aceeași tensiune, ceea ce înseamnă iluminări de intensitate constantă pentru descărcările succesive și prelungirea duratei de utilizare a bateriilor prin micșorarea solicitării la care sînt supuse în perioadele de încărcare prelungite. Tensiunea de lucru ce trebuie obținută este de 440...480 V. Problema cea mai grea este procurarea condensatorului principal, C_4, care trebuie să aibă tensiunea minimă de 550 V. Se recomandă realizarea unei baterii de condensatoare (2×250 μF, de exemplu), eventual decuplabile, ceea ce ar permite utilizarea blitzului cu putere redusă. Valoarea condensatorului C_4 poate fi mai mică, scăzînd însă puterea (număr director mai mic).

Condensatorul C_5 trebuie să reziste la 300 V. Bobina de impuls Tr_2 se realizează avînd datele: $K-M$125 de spire Cu-Em ø 0,4 mm și $O-P$ = = 1 000 de spire Cu-Em ø 0,08 mm. Butonul B servește la declanșarea nesincronă și se află montat pe corpul de iluminat, putînd fi realizat direct pe circuitul imprimat cu o lamă elastică de alamă (de la bateriile de 4,5 V) și un corp de apăsare din material plastic.

Transformatorul Tr_1 se face pe tole E8, cu o secțiune a miezului de 2,4 cm² (respectiv 1,5 cm grosime). Primarul și secundarul se fac pe secțiuni separate. Datele de bobinaj sînt:

A-C = 2×45 de spire Cu-Em ø 0,6 mm;

D-F = 2×15 spire Cu-Em ø 0,3 mm;

H-G = 3 100...3 150 de spire Cu-Em ø 0,15 mm.

După execuția transformatorului se realizează convertorul și montajul dublor de tensiune și se verifică tensiunea. La nevoie, se modifică puțin înfășurarea H-G (mărind sau micșorînd numărul de spire).

Rezistențele din montaj sînt de 0,5 W. Cu semireglabilul R_9 se ajustează punctul de aprindere al becului cu neon N_2 la 460—470 V. Regulatorul intră în funcțiune la atingerea tensiunii de lucru pe condensatorul C_4. Cu semireglabilul R_5 se stabilește punctul de aprindere al lămpii N_1 și implicit, punctul de intrare în funcțiune a regulatorului. De pe rezistența R_4 se culege o tensiune negativă care comandă tranzistoarele T_4 și T_3. T_3 intervine în schema convertorului, modificînd punctul de funcționare al tranzistoarelor T_1 și T_2, astfel încît aceasta să lucreze cu putere micșorată. La încercarea schemei se înlocuiește inițial tranzistorul T_3 cu o rezistență de 1...1,5 kΩ (montaj fără regulator). *(I.M.)*

9. DETECTOR DE METALE (I)

Un interes deosebit îl prezintă aparatele pentru detectat metale. În figura IX.9 prezentăm schema de principiu a unui detector de metale cu antenă de ferită, ușor de realizat.

Descrierea schemei de principiu. Oscilatorul de radiofrecvență cu tranzistorul T_1 (BC 107 — BF 214) în montaj cu reacție prin transformator colector-bază cu circuitul acordat în colec-

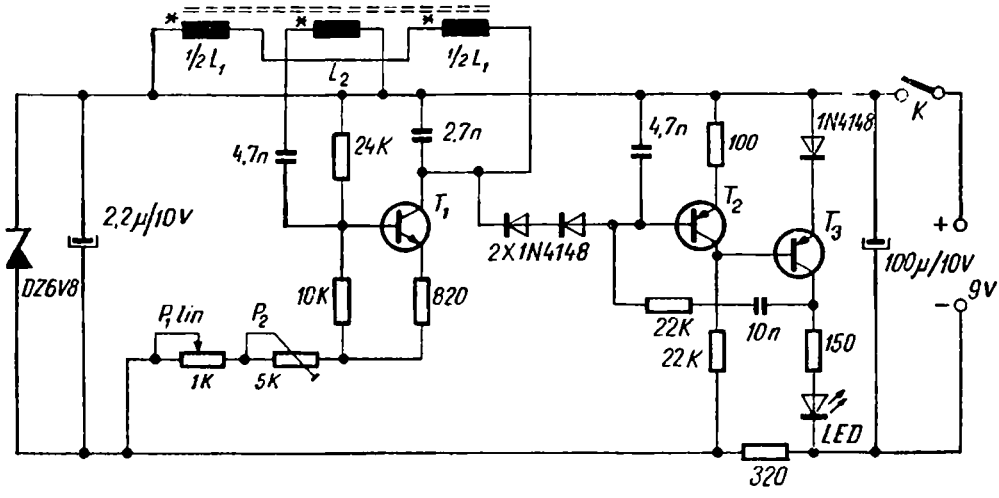


Fig. IX.9. Detector de metale (I).

tor (L_1 și $C = 2,7$ nF) lucrează pe frecvența de circa 150 kHz. Amplitudinea oscilațiilor scade sau poate să dispară dacă bara de ferită se apropie de un corp metalic. Regimul de lucru al tranzistorului T_1 se poate modifica prin reglarea valorii rezistorului semireglabil P_2 și a potențiometrului P_1. Semnalul dat de oscilator este redresat de diodele 1N 4148 și aplicat bazei tranzistorului T_2. Tranzistoarele T_2 și T_3 (BC 177) alcătuiesc un amplificator cu reacție pozitivă realizată prin grupul $R = 22$ kΩ și $C = 10$ nF. Cît timp amplitudinea semnalului dat de oscilator este suficient de mare, tranzistorul T_2 este deschis, iar tranzistorul T_3 este blocat. În această situație dioda electroluminiscentă (LED-ul) nu se aprinde. Dacă ne apropiem cu antena de ferită de un corp metalic, oscilatorul va fi amortizat, amplitudinea oscilațiilor scade, T_2 nu mai primește polarizare suficientă și este la limita blocării, iar T_3 la limita deschiderii. Datorită reacției pozitive etajul T_2—T_3 devine instabil, iar LED-ul va ilumina intermitent. În cazul unei mase mari metalice sau aflată destul de aproape de antena de ferită nivelul oscilațiilor devine foarte mic sau dispare, atunci T_2 este blocat, T_3 este saturat și LED-ul luminează continuu și intens. Pentru ca amplitudinea oscilațiilor să nu fie dependentă de starea de încărcare a bateriei de 9 V s-a prevăzut o stabilizare de tensiune cu diodă Zener de 6,8 V.

Recomandări constructive și reglaje. Antena de ferită se realizează pe un baston cilindric de ferită cu Ø = 8 mm, destinat aparatelor de radio. Pe o carcasă cilindrică din carton de circa 0,6 mm grosimea și lungimea de 60 mm, realizată direct pe bastonul cilindric de ferită se execută bobinarea inductanțelor L_1 și L_2.

Din sîrmă de cupru emailată, cu diametrul de 0,3 mm, se bobinează pe mijlocul carcasei 45 spire, spiră

lîngă spiră. După bobinare spirele vor fi fixate de carcasă cu lac sau cu ceară. Astfel s-a realizat inductanța L_2. Se bobinează apoi simetric din același sîrmă, imediat de la capetele bobinei L_2, în același sens, cîte 48 spire una lîngă alta. Astfel inductanța L_1 este formată din două bobine de cîte 48 spire între care se află bobina L_2. Capătul primei bobine a lui L_1 se va lega cu începutul celei de a doua bobine. În figura IX.9 s-a indicat cu asterisc începutul fiecărei bobine. După bobinare se fixează bobinele cu lac sau cu ceară. Fiecare bobină va avea un capăt liber de circa 50 mm și dezizolat pe o lungime de 10 mm. Antena de ferită se va introduce într-un tub de protecție din PVC de lungime și diametru corespunzător. La jumătatea tubului de protecție se practică un orificiu de $\varnothing = 6$ mm pe unde se vor scoate capetele bobinelor, care în prealabil vor fi însemnate cu izolații provenite de la conductoarele de conexiuni de diferite culori. Începutul primei bobine de 48 spire se leagă cu sfîrșitul bobinei L_2 și rezultă terminalul l al antenei. Alte două terminale sînt: începutul lui L_2 și sfîrșitul celei de a doua bobine de 48 spire. La aceste trei terminale se cositorește un cablu bifilar cu ecran tipic pentru înregistrări audio. La tresă (blindaj) se leagă terminalul l, celelalte în mod corespunzător schemei. Lungimea acestui cablu este de circa 70 ... 80 cm. După operațiunea de lipire cu cositor a cablului la terminalele antenei și izolarea lipiturilor cu tuburi din PVC, cablul se introduce într-un tub din PVC, rigid similar cu cel în care s-a introdus antena. Asemenea tuburi rigide din PVC se folosesc la instalațiile electrice. Se lipește sub formă de T tubul antenei de tubul suport, obținîndu-se sonda detectorului de metale.

Montajul electronic se va face pe o plăcuță de cablaj imprimat simplu placat. Potențiometrul P_1 va fi fixat pe cutia în care se introduce montajul. La realizarea cutiei care poate fi din mase plastice sau din metal se va ține seama ca tubul de PVC al sondei să intre în cutie, astfel acesta devine în prelungirea tubului.

Se verifică corectitudinea efectuării montajului după care se aplică prin întrerupătorul K tensiunea de alimentare de la baterie. Se recomandă ca întrerupătorul K să fie un buton (push-buton) care să fie acționat numai în timpul căutării metalelor, pentru economisirea bateriei. Se pune cursorul lui P_2 și P_1 pe poziția mediană, și cu antena îndepărtată de orice corp metalic, LED-ul trebuie să fie stins. La apropierea de corpuri metalice LED-ul va pîlpîi și apoi se va aprinde. Sensibilitatea detectorului se reglează din P_1 și P_2 și este maximă în situația cînd LED-ul se află în starea de pîlpîire. LED-ul se va monta pe fața cutiei, la vedere lîngă care se va amplasa butonul potențiometrului P_1 de 1 kΩ — liniar.

După încercarea funcționării detectorului se fixează bastonul de ferită cu fîșii de burete la ambele capete în tubul de PVC al antenei, după care se lipesc două căpăcele pentru ermetizarea antenei. *(I.S.)*

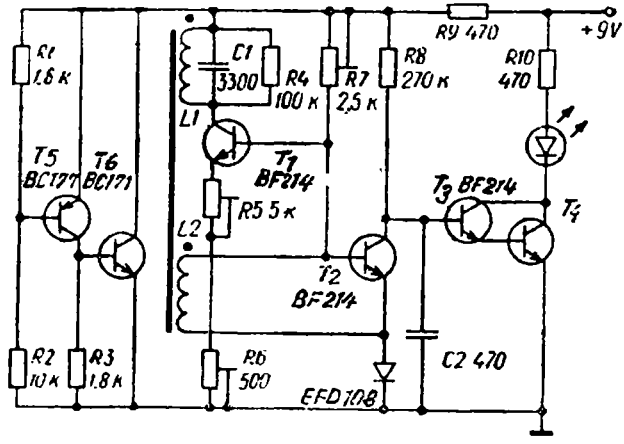


Fig. IX.10. Detector de metale (II).

10. DETECTOR DE METALE (II)

Aparatul a cărui schemă este prezentată în figura IX.10 servește la depistarea țevilor de apă, cablurilor electrice sau a altor obiecte din pereții clădirilor.

Tranzistorul T_1 formează un etaj oscilator pe aproximativ 100 kHz. Tranzistorul T_2 preia semnal, îl redresează și comandă tranzistoarele T_3 si T_4 care au în colector o diodă LED.

Cînd T_1 oscilează dioda LED nu luminează, iar cînd T_1 nu oscilează — situație cînd bobina L_1 este apropiată de un metal — dioda LED începe să lumineze. Sensibilitatea aparatului se reglează din potențiometrele R_5, R_6, R_7.

Tranzistoarele T_5 și T_6 formează un stabilizator de tensiune. Ele se pot înlocui cu o diodă Zener de 4 V.

Tranzistoarele T_1, T_2, T_3, T_4 se pot înlocui cu BF 215.

Bobinele se construiesc pe o bară de ferită de la antenele aparatelor de radio. L_1 are 120 de spire și L_2 are 45 de spire CuEm 0,3. *(I.M.)*

11. ANTENĂ ACTIVĂ

Recepția posturilor de radiodifuziune în automobil presupune în orice caz existența antenei de recepție. O antenă de lungime mult mai redusă decît cele din comerț și cu rezultate deosebite este antena activă. În figura IX.11 prezentăm schema unei antene active.

Descrierea schemei de principiu. De fapt principala problemă la antenele de automobil este adaptarea lor la cablul coaxial de transmisie pînă la borna de intrare în radioreceptor. În cazul unei antene neadaptate, semnalul se divide pe capacitatea cablului coaxial și ajunge la intrarea în receptor cu valori prea mici.

Antena activă este formată dintr-o vergea metalică cu lungimea pînă la 50 cm și amplificatorul adaptor. În locul vergelei metalice se poate folosi o bandă dintr-o folie metalică lipită de parbriz. Amplificatorul adaptor este format din două etaje: primul echipat cu tranzistorul cu efect de cîmp tip

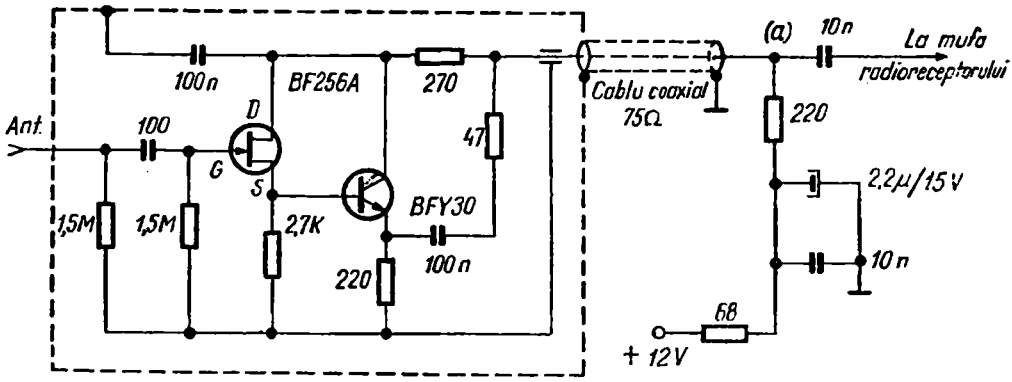


Fig. IX.11. Antenă activă.

BF 256 A în montaj repetor pe sursă și este cuplat în *CC* cu al doilea etaj, cu BFY 90 conectat în montaj repetor pe emitor. Într-o asemenea configurație se obține: o impedanță mare de intrare în jur de 500 kΩ care nu încarcă antena baston, o capacitate de intrare de pînă la 5 pF care nu divizează semnificativ semnalele din banda 150 kHz ... 80 MHz, și o impedanță mică de ieșire (circa 75 ohmi) care permite conectarea între antenă și radioreceptor a unui cablu coaxial uzual de 75 Ω. Alimentarea amplificatorului se face prin cablul coaxial, prevăzîndu-se un grup de blocaj corespunzător (220Ω, 2,2 μF, 10 nF, 68 Ω), care se realizează pe un cablaj separat.

Recomandări constructive. Montajul se realizează pe un cablaj imprimat cu dimensiuni de 50×50 mm. La proiectarea cablajului se va coroda numai zona de circuite, restul folici rămînînd de jur împrejur. După verificarea și plantarea pieselor se alimentează montajul, care trebuie să funcționeze fără nici un reglaj. Amplificatorul se montează într-o cutie metalică paralelipipedică de 50×50×20 mm, marginea cablajului cositorindu-se de cutie la o adîncime de 5 mm. În pereții laterali ai cutiei se practică două orificii, unul pentru firul de antenă și unul pentru cablul coaxial de ieșire și alimentare. Se recomandă utilizarea pentru intrare și ieșire a trecerilor în sticlă sau masă plastică. Cutia amplificatorului se montează la baza antenei baston.

Realizarea antenei baston este mai mult o problemă de design. Ea se poate confecționa dintr-o simplă spiță cromată de la o roată de bicicletă. În cazul utilizării unei folii metalice lipite pe parbriz sau lunetă, amplificatorul se va monta în imediata apropiere a acesteia, camuflat sub tapiseria autovehiculului. Cablul coaxial de 75 Ω se conectează cu un capăt la amplificator iar la celălalt capăt la circuitul de blocare. Circuitul de blocare se realizează pe o plăcuță de cablaj imprimat de 20×40 mm. Acest circuit se montează în apropierea radioreceptorului, fixîndu-se cu ajutorul a două șuruburi (eventual autofiletate) de șasiu. Alimentarea +12 V se va conecta după o siguranță de 5 A din

echipamentul electric al automobilului. Este evident că montajul prezentat se poate utiliza numai la autovehicule cu minusul la șasiu. Cablul coaxial de 75 Ω cu mufa de antenă auto pentru receptor se conectează la punctul (a). *(I.S.)*

12. VERIFICAREA ALTERNATORULUI, A RELEULUI REGULATOR ȘI A ACUMULATORULUI

Cu ajutorul montajului din figura IX.12 se asigură o bună verificare a principalelor componente electrice ale

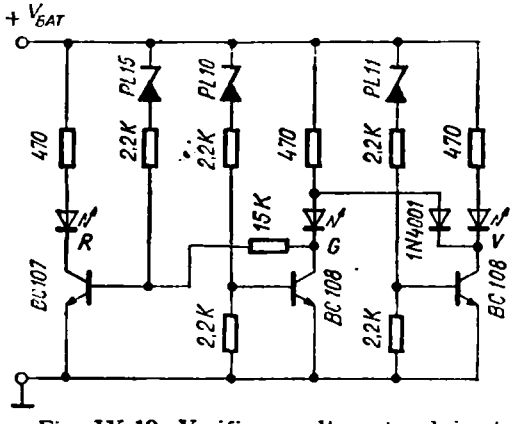


Fig. IX.12. Verificarea alternatorului auto, a releului regulator și a acumulatorului.

unui autoturism; alternator, releul regulator și acumulator. Acesta poate fi montat într-un loc de comutator din bordul autoturismului sau introdus în lăcașul de brichetă. Afișajul se face cu trei LED-uri (roșu, galben și verde), a căror semnificație este dată în tabelul de mai jos. *(M.S.)*

13. TUROMETRU ELECTRONIC PENTRU „DACIA 1300"

Montajul turometrului este prezentat în figura IX.13. Circuitul integrat βE 555 este conectat într-o schemă de monostabil. El generează un impuls de durată fixă atunci cînd contactul ruptorului trece de la starea închis la starea deschis.

Semnalul de comandă pentru βE 555 se culege prin intermediul rețelei R_1, C_1, Dz_1, de la bornele bobinei de inducție a autoturismului. În punctul *A* tensiunea variază între 0 și + V_{BAT} în funcție de starea contactului ruptorului.

Pentru reglare se va folosi un transformator de sonerie. Acesta se va conecta în punctul *A*. Pentru o tensiune de aproximativ 7 V instrumentul

	roșu	galben	verde	
Teste pentru acumulator	0			acumulator uzat
	0	0		acumulator acceptabil
			0	acumulator bun
Teste pentru alternator		0	0	încărcare insuficientă
			0	încărcare normală
Teste pentru releul regulator	0		0	încărcare la tensiune excesivă

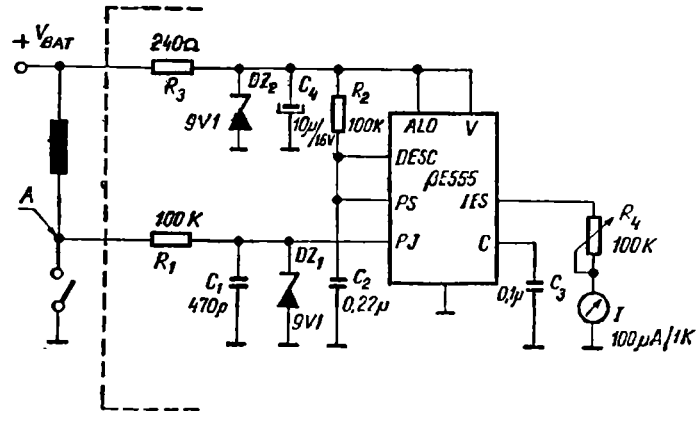


Fig. IX.13. Turometru electronic pentru „Dacia 1300".

va trebui să aibă o deviație de 25% din întreaga scală. Deviația instrumentului se reglează cu ajutorul potențiometrului de calibrare, de 100 kΩ *(M.S.)*

14. LUMINI PENTRU STAȚIONARE

Montajul prezentat în figura IX.14 servește pentru punerea în evidență a poziției unui autoturism noaptea în locurile puțin iluminate. Cînd farurile automobilului în mișcare luminează fotorezistența *FR*, circuitul electronic comandă aprinderea instantanee a luminilor de poziție a autovehiculului staționat.

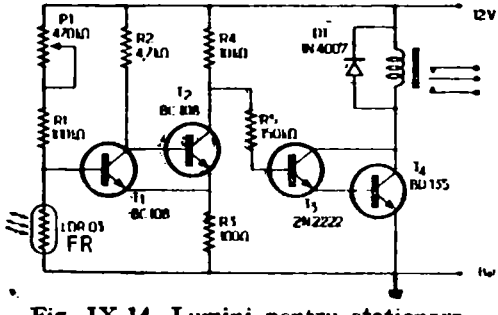


Fig. IX.14. Lumini pentru staționare.

Componența acestui montaj închide un trigger Schmitt și un amplificator de curent continuu pentru comanda unui releu.

În mod normal tranzistorul T_1 din trigger este blocat, iar T_2 în stare de conducție, ceea ce face ca potențialul din colectorul său să fie aproape de 0,8 V ceea ce atrage blocarea tranzistoarelor T_3 și T_4 și deci releul neanclanșat.

Cînd fotorezistența *FR* este iluminată, tranzistorul T_1 intră în conducție, T_2 se blochează, T_3 și T_4 conduc și prin curentul de colector a lui T_4 releul se anclanșează și alimentează cu energie becurile de poziție.

Pragul de la care intensitatea luminii montajului intră în funcțiune se stabilește din potențiometrul P_1. *(I.M.)*

15. APRINDERE ELECTRONICĂ

Aprinderea electronică prezentată în schema din figura IX.15 funcționează alimentată la tensiunea de 6 V, pe

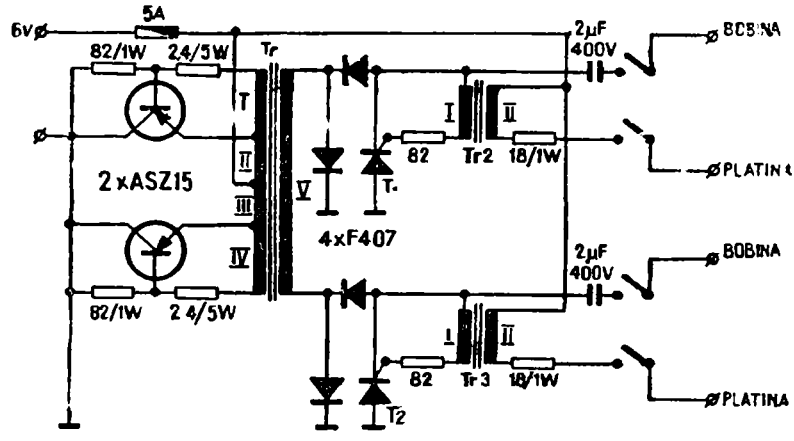


Fig. IX.15. Aprindere electronică.

un autoturism „Trabant". Prezintă mai multe avantaje: porniri la rece mai ușoare, mersul la ralanti mai uniform și o uzură mult mai redusă a platinelor.

Ea se compune dintr-un invertor ridicător de tensiune format cu tranzistoarele ASZ 15 și transformatorul *Tr. 1*, două tiristoare și elementele de amorsare ale acestora.

Transformatorul *Tr. 1* are un miez toroidal de permalloy cu secțiunea de 100 mm² (sau alt miez) care să poată debita puterea de 18 VA la frecvența de lucru de 500—600 Hz. Izolația dintre straturile bobinajului trebuie să fie cît mai groasă pentru a minimaliza capacitățile parazite. Transformatorul se construiește rigid și se impregnează. Tensiunea din secundar este de 300 V. Tiristoarele pot fi de orice tip care să reziste la tensiunea de 400 V și la un curent de 8 A. *Tr. 2* și *Tr. 3* se realizează pe tole de transformatoare de ieșire tip miniatură, cu asigurarea unei bune izolări a înfășurărilor.

Instalația fiind supusă la vibrații, se acordă atenție unei realizări solide.

Pentru a evita apariția detonațiilor, avansul trebuie reglat mai mic decît în mod normal. În nici un caz nu se va mări distanța dintre electrozii bujiilor mai mult de 0,8 mm. Montajul funcționează bine și la tensiuni mici ale bateriei de acumulator.

Transformatorul invertorului are cîte 12 spire în înfășurările *1* și *4* din sîrmă CuEm 1, cîte 22 de spire pentru înfășurările *2* și *3* sîrmă CuEm 0,6 și 1 100 de spire CuEm 0,2 pentru înfășurarea *5*.

Transformatorul *Tr. 2* și *Tr. 3* au înfășurările *2* din 40 spire, iar înfășurările *3* din 160 spire toate cu sîrmă CuEm 0,2. *(I.M.)*

CAPITOLUL X

DESPRE ALIMENTAREA ȘI PROTECȚIA MONTAJELOR ELECTRONICE

1. CUM SE REALIZEAZĂ ALIMENTAREA MONTAJELOR ELECTRONICE?

Alimentarea cu energie a montajelor electronice reprezintă o cerință esențială în orice sistem în scopul conversiei parametrilor tensiune-curent conform scopului urmărit. Pentru orice schemă electronică este prevăzut un regim energetic care trebuie realizat de către blocul de alimentare.

Alimentarea montajelor electronice se poate face de la două surse principale de energie:

— sursele chimice;

— rețeaua de curent alternativ.

Sursele chimice se pot clasifica în următoarele categorii:

— surse chimice uscate — bateriile;

— surse chimice cu electrolit umed — acumulatoarele.

Bateriile și acumulatoarele reprezintă pentru montajele electronice surse de energie aproape ideale, deoarece nu introduc, pe întreaga perioadă a funcționării lor, distorsiuni sau paraziți de natură electrică. Inconvenientul surselor chimice constă în durata de viață limitată pentru baterii și faptul că acumulatoarele trebuie reîncărcate periodic.

Rețeaua de curent alternativ reprezintă o sursă constantă de energie, care trebuie, printr-o serie de transformări, adaptată necesităților energetice ale montajului electronic. În general există patru tipuri de alimentare cu energie electrică, definite în funcție de tipul inițial și final al alimentării, și sursa de energie inițială:

1. Alimentare curent alternativ — curent alternativ.

2. Alimentare curent alternativ — curent continuu.

3. Alimentare curent continuu — curent alternativ.

4. Alimentare curent continuu — curent continuu.

Alimentarea de tip curent alternativ — curent alternativ este sistemul cel mai simplu, conversia tensiunilor și curenților la valorile necesare în montajul electronic efectuîndu-se cu ajutorul unui transformator dimensionat corespunzător.

Alimentarea curent alternativ — curent continuu se face ținînd cont de următorii factori:

— valoarea curentului continuu maxim;

— valoarea tensiunii continue;

— factorul de stabilitate al tensiunii continue.

Factorul de stabilitate reprezintă variația tensiunii de ieșire a stabiliza-

torului de tensiune, exclusiv datorită variaţiei tensiunii de la intrarea sa.

$$F = \frac{\Delta U_i/U_i}{\Delta U_e/U_e} \quad I = \text{const.}$$

ΔU_i = variaţia tensiunii de la intrarea stabilizatorului

ΔU_e = variaţia tensiunii de la ieşirea stabilizatorului

U_i, U_e = tensiunea de la intrarea-ieşirea stabilizatorului

I = curentul furnizat de stabilizatorul de tensiune.

De obicei acest sistem, numit redresor, include următoarele componente:

— transformatorul de reţea, care realizează conversia energiei electrice din reţea la parametri apropiaţi de cei necesari alimentării montajului în curent continuu — tensiune continuă.

— redresorul propriu-zis, care transformă tensiunea alternativă în tensiune continuă pulsatorie.

— blocul de filtraj al tensiunii continue pulsatorii, format dintr-un grup de condensatoare electrolitice şi neelectrolitice.

— stabilizator de tensiune, funcţie de tipul alimentării cu energie a blocului electronic (preamplificator, corector de ton, etc.).

— generator de formă de undă (chiar la unele aplicaţii) în cazul necesităţii în montaj a prezenţei unei tensiuni continue pulsatorii cu anumită formă de undă.

Aproape totdeauna sistemul se completează cu un grup de condensatoare amplasate în paralel cu înfăşurările transformatorului de reţea, în scopul deparazitării tensiunii de reţea. Pentru optimizarea regimului tranzitoriu de comutaţie al diodelor redresoare, în paralel cu acestea se ataşează şi cîte un condensator dimensionat corespunzător.

Alimentarea curent continuu — curent alternativ se realizează cu ajutorul montajelor numite *invertoare*.

Un invertor are următoarele funcţiuni:

— întreruperea periodică a unei tensiuni continue, realizînd o tensiune pulsatorie cu o formă de undă apropiată de cea dreptunghiulară.

— aplicarea tensiunii pulsatorii la bornele înfăşurării primare a unui transformator ridicător (sau coborîtor) de tensiune. În acest fel la bornele înfăşurării secundare apare o tensiune alternativă.

Dacă este necesară o tensiune alternativă stabilizată din punct de vedere al valorii eficace, de obicei este prevăzut un sistem cu buclă de reacţie negativă.

Stabilizarea se face prin două metode:

— stabilizarea prin menţinerea constantă a frecvenţei şi modificarea amplitudinii tensiunii din înfăşurarea primară a transformatorului.

— stabilizarea prin menţinerea unei amplitudini constante şi mărind (sau micşorînd) frecvenţa tensiunii de alimentare din înfăşurarea primară a transformatorului.

Alimentarea curent continuu — curent continuu se realizează fie direct de la sursă (baterie, acumulator) atunci cînd parametrii consumatorului (tensiunea şi curentul) corespund cu cei ai sursei de energie, fie prin intermediul unui bloc electronic special numit *convertor*, atunci cînd valoarea ten-

siunii continue necesară alimentării montajului este mai mare decît cea a sursei inițiale.

Blocul convertor are următoarele funcțiuni:

— întreruperea periodică a tensiunii continue cu ajutorul unui comutator electronic, generînd o tensiune continuă pulsatorie cu o formă de undă apropiată de cea dreptunghiulară.

— aplicarea tensiunii pulsatorii la bornele înfășurării primare a unui transformator ridicător de tensiune.

— redresarea și filtrarea tensiunii alternative obținute la bornele înfășurării secundare a transformatorului ridicător de tensiune (și eventual stabilizarea ei).

Se observă echivalența: convertor = = invertor + redresor. *(E.M.)*

2. CONVERTOARE CC-CC

Pentru obținerea curentului continuu cu o tensiune diferită de aceea a sursei primare se folosesc convertoarele *cc-cc*. Un exemplu semnificativ este blițul pentru fotografiere, din tensiunea bateriei sau acumulatorului (4,5 ... ... 12 V) se obține o tensiune continuă de circa 300 ... 350 V necesară producerii fulgerului electronic. Majoritatea convertoarelor *cc-cc* utilizează inductanțe. Există posibilitatea realizării unor convertoare *cc-cc* și fără inductanțe. În figura X.1 prezentăm un asemenea convertor care are proprietatea de-a schimba și polaritatea tensiunii. Un asemenea convertor este deosebit de util cînd trebuie să obținem tensiuni de polarizare a unor componente cu tensiunea de polaritate opusă sursei de alimentare principale.

Descrierea schemei de principiu. Porțile inversoare *1* și *2* din circuitul integrat CDB 404 împreună cu rezistorul de 27 kΩ și capacitorul de 220 pF formează un circuit astabil care formează semnale dreptunghiulare cu frecvența în jur de 100 kHz. Circuitele inversoare *3* ... *6* conectate în paralel constituie un etaj de putere. Tensiunea primară de alimentare este de +15 V. Cînd la ieșirea etajului de putere este „1" logic adică +15 V, capacitorul

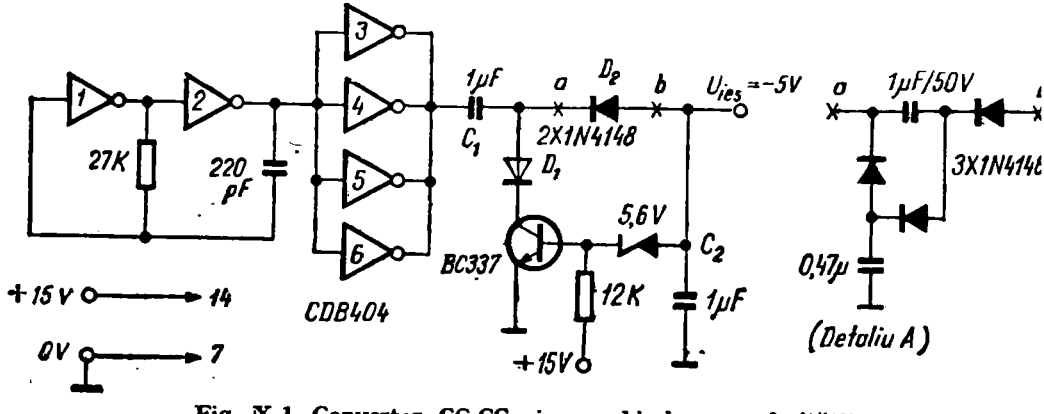


Fig. X.1. Convertor CC-CC și cu schimbarea polarității.

$C_1 = 1$ μF se încarcă prin D_1 si tranzistorul BC 337 care este deschis fiind polarizat prin $R = 12$ kΩ. Armătura legată la ieşirea inversoarelor va fi pozitivă, iar cea conectată spre diode negativă. În faza următoare, la ieşirea etajului de putere apare „0" logic — adică 0 V. Acum dioda D_1 este blocată, D_2 deschisă şi se încarcă $C_2 = 1$ μF cu polaritate negativă pe armătura legată la anodul diodei D_2. Secvenţele se repetă, pe capacitorul C_2 aflîndu-se mereu o tensiune de polaritate negativă. Valoarea absolută a acestei tensiuni este fixată de dioda Zener. Cînd aceasta se deschide, tranzistorul se blochează şi nu mai permite încărcarea cu sarcini a capacitorului C_1. Cantitativ valoarea tensiunii de ieşire este: $U_{ieş} = -(U_z - U_{BE}) = -(U_z - 0{,}6\ V)$ şi este stabilizată cu o eroare de 5% la variaţia tensiunii de intrare între 11 V ... 17 V, şi de 1% la variaţia curentului de sarcină între 0 ... 40 mA, pentru $U_{ieş} = -5$ V. Tensiunea maximă care se poate obţine dintr-un asemenea convertor *cc-cc* fără inductanţe nu poate depăşi valoarea tensiunii de alimentare. Avînd în vedere pierderile din circuite pentru tensiuni de ieşire apropiate de valoarea tensiunii de alimentare, în convertor se va folosi metoda dublării de tensiune. În figura X.1 se dă în detaliul *A* modificarea pentru a se obţine o tensiune de ieşire de —15 V. Circuitul prezentat în detaliul *A* se va înscrie între punctele *a* şi *b* notate pe schema de bază. În acest fel obţinem un perfect inversor de polaritate. În acest montaj se va înlocui dioda Zener de 5,6 V cu o altă diodă Zener de 15,6 V; consideraţiile asupra alegerii capacitoarelor rămîn aceleaşi.

Recomandări constructive. Montajul se va efectua pe un cablaj imprimat de circa 40×50 mm. Dimensiunile acestuia vor fi influenţate numai de gabaritul capacitoarelor C_1 şi C_2 de 1 μF la cel puţin 25 V. Se recomandă a se utiliza capacitoare multistrat tip MZ 8216 de 1 μF/25 V sau MZ 3226 de 0,47 μF/50 V, cîte doi în paralel. Se pot folosi şi capacitoare cu folie metalizată tip PMP 0303 de 1 μF/100 V, care însă sînt de gabarit mult mai mare. Pentru mărirea preciziei tensiunii de ieşire tensiunea U_z a diodei Zener va fi sortată în mod corespunzător la un curent de circa 10 ... 15 mA. Tipul diodei Zener poate fi din seria de sticlă DZ sau plastic PL. *(I.S.)*

3. SURSĂ STABILIZATĂ

În figura X.2 se prezintă schema unei surse cu masă flotantă, avînd tensiunea la ieşire reglabilă în gama 0—40 V şi protejată la scurtcircuit ($I_{sc} = 1{,}2$ A). Circuitul integrat se alimentează de la un redresor auxiliar, format din dioda redresoare D_1 şi condensatorul de filtrare C_2, izolat faţă de redresorul principal de putere.

Aceasta permite reglarea tensiunii de la ieşirea sursei de la zero pînă la o valoare limitată doar de tensiunea V_{CEOmax} a tranzistorului regulator serie, T_1.

Valoarea tensiunii de ieşire, V_0, a sursei este stabilită de rezistoarele R_1, R_2 şi potenţiometrul P_1.

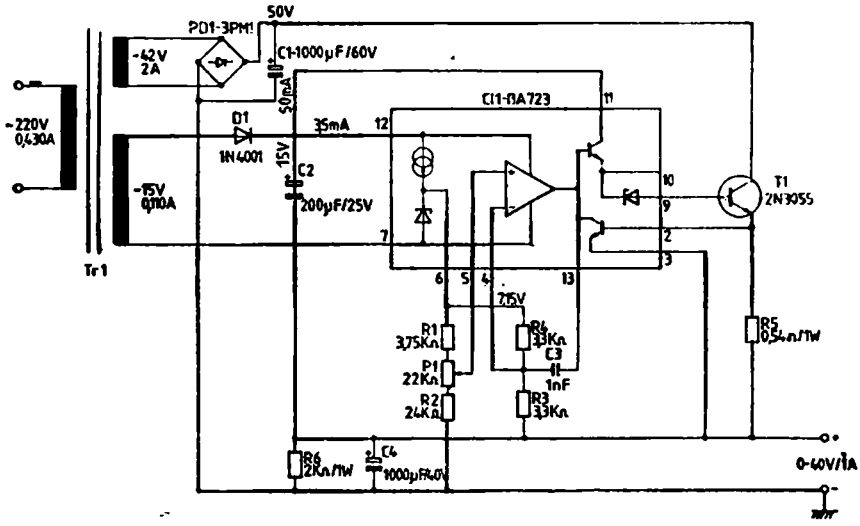


Fig. X.2. Sursă stabilizată.

Montajul prezentat este prevăzut cu circuit de protecție la scurtcircuit, format din tranzistorul limitator de curent intern circuitului integrat și rezistența de sesizare a curentului, R_5.

Valoarea maximă a curentului de scurtcircuit este limitată de curentul de colector și de puterea de disipație ale tranzistorului regulator serie.

Rezistența R_6 asigură închiderea unui curent de repaus de 2%, în scopul evitării blocării sursei în regim de mers în gol.

Tranzistorul T_1 trebuie să fie montat pe un radiator din profil de aluminiu cu o suprafață de cel puțin 1 200 cm², corespunzător unei rezistențe termice de cca 0,66 °C/W.

Transformatorul de rețea *Tr.*1, se realizează pe tole E14 având grosimea pachetului de 6 cm. Înfășurarea primară are 634 de spire cu sîrmă CuEm Ø 0,5, înfășurarea secundară de putere are 134 de spire cu sîrmă CuEm Ø 1, iar înfășurarea de mică putere are 48 de spire cu sîrmă CuEm Ø 0,025.

Performanțele obținute la ieșire:

— tensiunea de ieșire s-a modificat cu maximum 16 mV la variația tensiunii de rețea în gama 198 V — 224 V. *(I.M.)*

4. ALIMENTATOR AUTOPROTEJAT

Alimentatorul pezentat în figura X.3 permite obținerea unei tensiuni continue reglabile de la 0 la 24 V și poate debita un curent cu intensitatea maximă de 2 A. Mai mult, acest montaj este capabil să suporte un scurtcircuit. În acest caz tensiunea la bornele de ieșire devine nulă prin blocarea tranzistorului T_1. O dată cu înlăturarea scurtcircuitului, reapare tensiunea la bornele de ieșire, fără nici o manevră și, bineînțeles, fără nici o deteriorare a montajului.

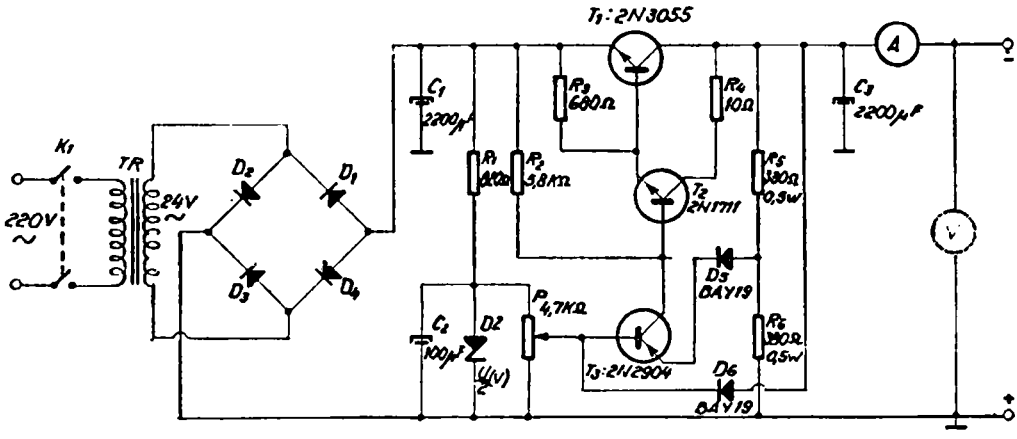


Fig. X.3. Alimentator autoprotejat.

Valoarea de 24 V a fost aleasă ca valoare maximă, dar nimic nu împiedică pe constructor să aleagă o alta. În acest caz trebuie să se folosească, pe de o parte, diode redresoare (D_1 ... D_4) adecvate şi, pe de altă parte, o diodă Zener conform precizărilor făcute în continuare.

Factorul de amplificare al tranzistorului T_2 (2N1711) trebuie să fie mai mare de 100. În rest, celelalte componente nu necesită precizări speciale.

Transformatorul Tr şi grupul de diode redresoare (D_1 ... D_4), de tipul 1N4007) furnizează tensiunea necesară pentru a fi stabilizată. Un condensator de 2 200 μF (C_1) permite un prim filtraj suficient de bun. Stabilizarea se efectuează cu tranzistorul T_1 montat ca regulator serie şi comandat de către tranzistoarele T_2 şi T_3.

Dioda Zener DZ permite obţinerea unei tensiuni de referinţă care este aplicată pe baza lui T_3, folosit ca tranzistor de comandă. Acesta este polarizat printr-o punte formată din rezistoarele R_5 şi R_6 legate în serie la bornele de ieşire.

Două diode cu siliciu (D_5 şi D_6) determină ca potenţialul bazei tranzistorului T_3 să fie apropiat de cel de emitor, tranzistorul blocîndu-se în caz de scurtcircuit; în acest mod este protejat tranzistorul T_1.

Pentru a obţine o tensiune variabilă între 0 şi U va trebui să se folosească o diodă Zener avînd o tensiune de stabilizare egală cu $U/2$. Astfel, în cazul în care dorim ca tensiunea maximă de ieşire să fie 24 V, vom folosi o diodă Zener de 12 V.

Transformatorul de reţea Tr va furniza o tensiune de 24 V, avînd o putere aparentă de 45 VA. *(I.M.)*

5. ALIMENTATOR DIFERENŢIAL

Montajele realizate cu circuite integrate, ca şi unele scheme cu tranzistoare, necesită surse duble de tensiune

(surse diferențiale), de preferință stabilizate. O astfel de sursă furnizează două tensiuni, de obicei egale, avînd un pol comun (zero comun).

Schema din figura X.4 realizează o sursă diferențială de 2×6 V stabilizată, capabilă să furnizeze curenți de 20×60 mA, respectiv 2×120 mA, dacă tranzistoarele sînt prevăzute cu mici radiatoare (în formă de U cu suprafața de cca 6 cm²).

Cele două tensiuni continue egale se obțin de la un transformator *Tr*, cu o singură înfășurare secundară (9 V/0,5 A) prin redresarea alternanțelor cu diodele D_1—D_2 (1N 4001 — 1N 4007) și filtrare (C_1 și C_2). Stabilizarea se face prin tranzistoarele serie T_1 (BD 135, BD 137) și T_2 (BD 136, BD 138), care au montate în baze diodele Zener DZ_1 și DZ_2 (PL6V8Z). S-au ales diode de referință cu tensiunea peste 6 V, ținînd cont de căderile de tensiune pe joncțiunile cu siliciu ale tranzistoarelor serie. Practic se pot sorta din seriile PL6V8Z sau PL6V2Z exemplare cu tensiunea de referință de cca 6,5—6,6 V și atunci se obțin la ieșire tensiuni mai apropiate de 6 V.

Alimentatorul nu este protejat la scurtcircuit, dar valoarea curentului de scurtcircuit este limitată prin introducerea rezistorului R_3 în serie cu polul comun (după condensatoare, pentru a limita descărcarea bruscă a acestora). Valoarea lui R_3 se poate modifica în funcție de curentul maxim dorit.

Se poate utiliza un transformator de soneric, al cărui secundar se rebobinează pentru 9 V, fără priză mediană. *(I.M.)*

6. REDUCĂTOR DE BRUM

Deoarece aproape toate etajele amplificatoare de audiofrecvență utilizează o tensiune continuă, de valoare diferită față de cea a rețelei electrice în scopul conversiei la parametrii nominali de funcționare se utilizează un transformator coborîtor de tensiune urmat de un redresor. Schema electrică cel mai des utilizată datorită simplității și fiabilității este prezentată

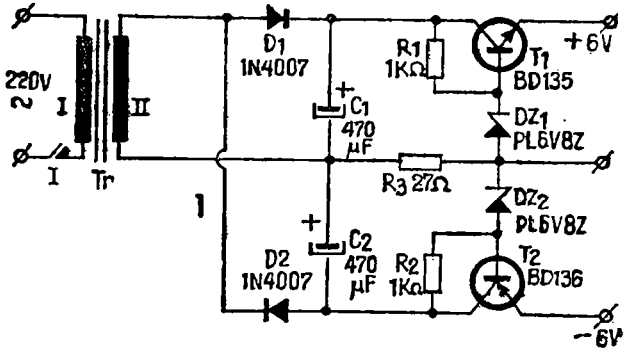


Fig. X.4. Alimentator diferențial.

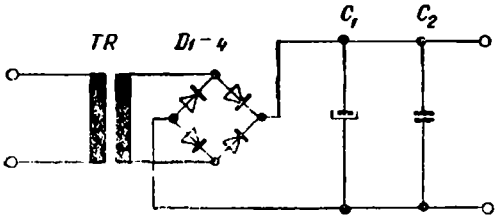


Fig. X.5. Schema electrică a unui alimentator simplu.

în fig. X.5. Se observă prezenţa unei punţi redresoare, formată din diodele D_1—D_4 care preiau tensiunea alternativă din înfăşurarea secundară a transformatorului coborîtor de tensiune, şi livrează o tensiune continuă pulsatorie filtrată de condensatorul C_1.

Schema prezintă un dezavantaj esenţial şi anume permite apariţia brumului de reţea sesizabil mai ales în lipsa semnalului util de audiofrecvenţă.

Pentru eliminarea acestuia sînt posibile două soluţii radicale şi anume:

— folosirea unui redresor stabilizat de tensiune, care livrează o tensiune continuă cu factor de stabilitate ridicat, indiferent de consumul amplificatorului;

— folosirea unui amplificator de audiofrecvenţă imun la fluctuaţiile tensiunii de alimentare (etaje diferenţiale de intrare, filtraje suplimentare cu diode Zener etc.).

De cele mai multe ori, cele două soluţii nu sînt aplicabile practic, deoarece în majoritatea cazurilor atît redresorul cît şi amplificatorul există fizic, iar o modificare este laborioasă şi de multe ori imposibilă (lipsa de spaţiu util într-un aparat de provenienţă industrială). Pentru rezolvarea problemei se propune schema electrică prezentată în fig. X.6. Conceperea schemei se bazează pe faptul că brumul de reţea este sesizabil în lipsa sau la un nivel foarte mic al semnalului de audiofrecvenţă util.

Tensiunea din înfăşurarea secundară a transformatorului de reţea este aplicată grupului de diode D_1—D_4. Grupul de condensatoare C_1, C_2, C_3 şi C_4 servesc la deparazitarea alimentatorului. O primă măsură pentru micşorarea brumului de reţea este montarea în paralel cu fiecare diodă a cîte unui condensator (C_5—C_8). Grupul D_5R_2 îmbunătăţeşte considerabil comportarea alimentatorului în privinţa regimurilor tranzitorii, în ceea ce priveşte

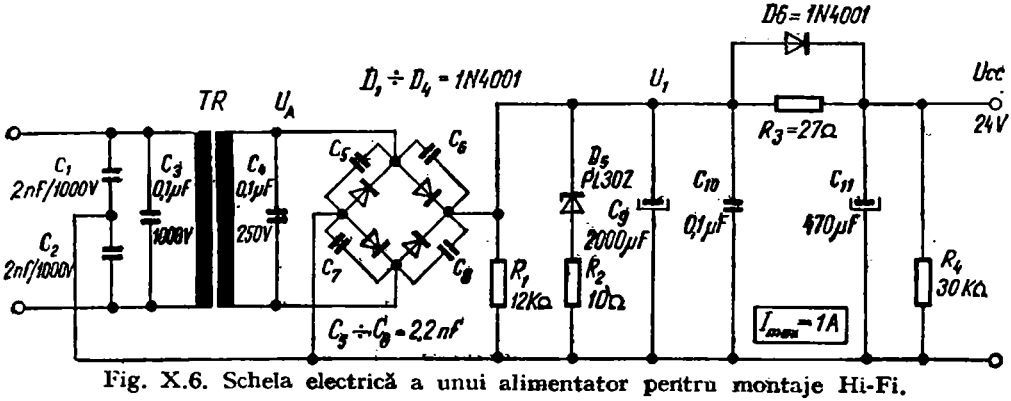


Fig. X.6. Schela electrică a unui alimentator pentru montaje Hi-Fi.

tensiunea oscilantă de restabilire sau unda de supratensiune.

Grupul $C_{10}D_5C_{11}R_3$ reduce substanțial brumul de rețea. În timpul în care consumul alimentatorului este mic (pauză sau la semnale audio mici) dioda D_5 este blocată, iar grupul $C_{10}R_3C_{11}$ realizează un filtru. Acesta elimină practic complet brumul. Imediat ce consumul crește, va crește și tensiunea la bornele diodei D_6, pînă ce aceasta „se deschide" și suntează rezistorul R_3. Astfel scăderea de tensiune în sarcină la bornele alimentatorului este neînsemnată, iar brumul de rețea practic eliminat. *(E.M.)*

7. ALIMENTATOR PENTRU CALCULATOR

Montajul prezentat în figura X.7 este destul de simplu, fiindcă trebuie să debiteze numai 150 mA la o tensiune de 3 V. Se folosește în transformator de sonerie care în secundar are o punte redresoare. După puntea redresoare, la bornele conductorului de 1 000 μF tensiunea are valoare de aproximativ 6,3 V. În serie cu alimentarea se montează un rezistor de 20 Ω (sau un bec 6,3 V/0,3 A), după care sînt montate cele 4 diode de stabilizare. La ieșire este conectat încă un condensator de 470 μF pentru filtraj și o diodă LED pentru semnalizare. *(I.M.)*

8. ALIMENTATOR PENTRU BECURILE FLUORESCENTE

Becurile fluorescente dau o lumină mai apropiată de lumina naturală și au un randament luminos mai mare decît becurile cu filament incandescent.

Pentru a reduce consumul de energie electrică este deci indicată folosirea lor, dar acestea au un flux luminos care pulsează cu frecvența de 50 Hz a rețelei, lucru ce deranjează în anumite situații.

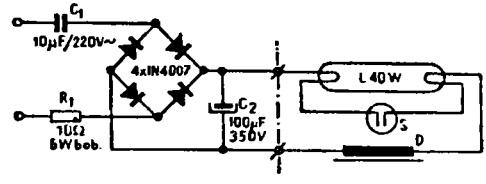


Fig. X.8. Alimentator pentru becuri fluorescente.

Pentru a înlătura acest neajuns, ele pot fi alimentate în curent continuu, ca în schema prezentată în figura X.8.

Instalația veche a becului fluorescent rămîne, dar ea se deconectează

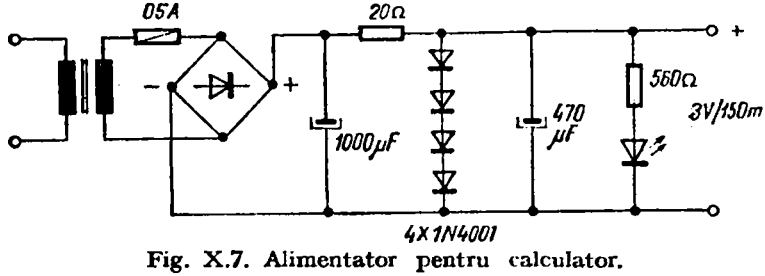


Fig. X.7. Alimentator pentru calculator.

şi se alimentează prin intermediul montajului prezentat. Condensatorul C_1 limitează curentul în circuit la valoarea necesară puterii becului, iar rezistenţa R_1 limitează curentul la conectare pînă la încărcarea condensatorului C_2. Condensatorul C_1 poate fi înlocuit cu două condensatoare a 5 μF/220 V, conectate în paralel.

Alimentatorul mai are avantajul de a contribui la îmbunătăţirea cosinusului de φ, fiind alimentat prin condensator. *(I.M.)*

9. CONVERTIZOR

Montajul prezentat în schema din figura X.8, permite alimentarea tuburilor fluorescente cu puterea de pînă la 20 W, de la un acumulator auto cu tensiunea nominală de 12 V. Schema se remarcă prin plasarea înfăşurării de reacţie nu în bază, ci în serie cu circuitul de emitor al tranzistorului. Ca şi celelalte montaje de acest gen, tubul fluorescent poate avea filamentele arse.

Schema esse concepută pentru utilizarea unui miez din ferită, de tipul celor folosite în transformatoarele de linii din televizoare (recomandăm tipul U57/28 sau alte similare). Aceasta simplifică mult realizarea bobinajelor, permiţînd totodată funcţionarea oscilatorului pe frecvenţe ultrasonore (peste 20 kHz). Desigur, se impune alegerea (eventual chiar sortarea experimentală) a unui exemplar de tranzistor de putere care să oscileze cu randament bun la această frecvenţă, de exemplu din tipurile KD 502, KD 503, KD 607, KU 607 etc. Tranzistorul se montează pe un radiator cu suprafaţa de cca 100 cm².

Înfăşurările de colector, $N_1 = 11$ spire, şi de emitor, $N_2 = 6$ spire, ambele din conductor CuEm Ø 1—1,2 mm, se bobinează în acestă ordine pe una din carcasele miezului, iar înfăşurarea secundară, $N_3 = 170$ spire CuEm Ø 0,35 mm, pe cea de-a

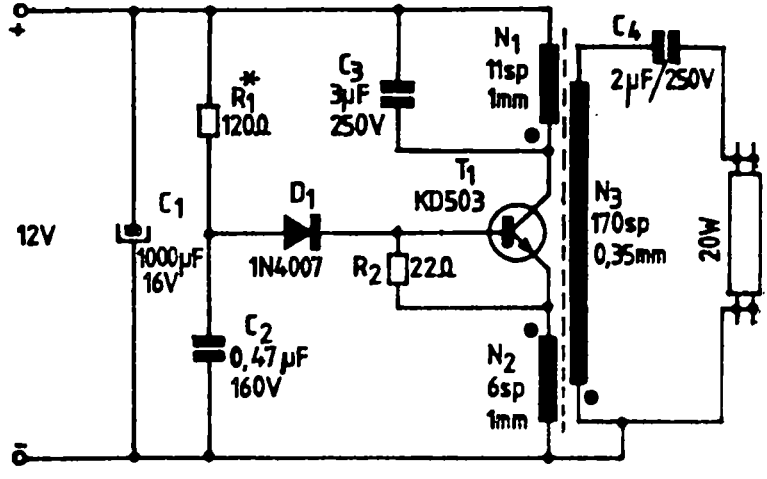


Fig. X.9. Convertizor.

doua carcasă. Se poate încerca optimizarea experimentală a randamentului (pînă la circa 75%) prin introducerea unui întrefier de circa 0,1 mm între cele două braţe ale miezului. Începuturile înfăşurărilor au fost marcate pe schemă cu un punct.

Înfăşurarea de colector are conectat în paralel un condensator nepolarizat, a cărui valoare se tatonează experimental (eventual se pun în paralel două sau mai multe condensatoare de valori mai mici). Se obţine astfel un circuit acordat care îmbunătăţeşte randamentul de transfer.

Frecvenţa optimă de lucru, preferabil 20 kHz, se alege în funcţie de miezul disponibil, urmărindu-se obţinerea unei iluminări maxime a tubului pentru un consum minim de curent. În acest sens pot fi corectate valorile lui R_1 — rezistor bobinat, cu puterea de disipaţie de cel puţin 5 W — şi C_2 — condensator nepolarizat, cu tensiunea de lucru de 160—250 V. Simultan se corectează şi valoarea condensatorului C_3.

Recomandăm începătorilor care doresc să experimenteze acest montaj folosirea unor miezuri de ferită recuperate din televizoarele vechi, avînd astfel garanţia că ele au funcţionat acolo. Miezurile procurate de ocazie, adeseori desperecheate sau cu destinaţie necunoscută, pot crea surprize neplăcute. *(I.M.)*

10. REDRESOR PENTRU ACUMULATOARE

Încărcarea acumulatoarelor impune o sursă de construcţie specială care să permită livrarea unor curenţi şi tensiuni bine stabilite. Sursa prezentată în continuare are cîteva particularităţi şi anume: protecţie la conectarea inversă a bateriei, limitarea automată a curentului maxim de încărcare, adaptarea permanentă a curentului la gradul de încărcare a bateriei, oprire automată la încheierea încărcării, cînd tensiunea la bornele bateriei atinge o valoare maximă prestabilită. La acestea se mai adaugă şi avantajul funcţionării în impulsuri, care, după cum se ştie, contribuie la prelungirea duratei de viaţă a bateriei. Într-adevăr, la montajul prezentat în figura X.10 reglarea curentului mediu de încărcare se face prin deschiderea intermitentă a tiristorului, comandat de cele patru tranzistoare. Comutaţia statică reduce substanţial pierderile de energie prin disipaţie termică, inevitabile în cazul redresoarelor simple, cu elemente de limitare pasive (becuri, rezistenţe de putere înseriate etc.).

Sursa de tensiune continuă o constituie un redresor de putere adecvată, nefiltrat (transformator plus punte redresoare). De exemplu, pentru încărcarea acumulatoarelor cu tensiune nominală de 12 V şi capacitatea de pînă la 45 Ah se poate folosi un transformator de 220 V/18 V, cu secundarul dimensionat pentru un curent maxim de circa 4,5 A. Puntea redresoare poate fi monolitică (de 10 ... 20 A) sau formată din patru diode de putere (cel puţin 10 A/100 V), în ambele cazuri fiind necesare radiatoare pentru evitarea încălzirii periculoase la funcţionare îndelungată. Se recomandă ca blocul redresor să fie verificat separat, pe o sarcină artificială care să-i solicite

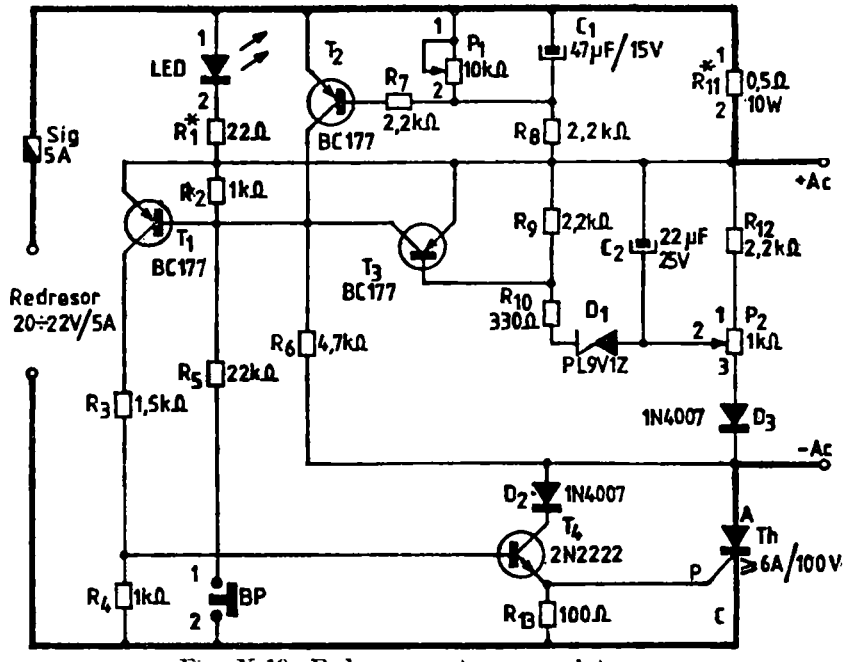


Fig. X.10. Redresor pentru acumulatoare.

un curent de 3,5—4 A, timp de cel puţin o jumătate de oră. Tensiunea la borne nu trebuie să scadă sub circa 20 V, iar încălzirea să fie acceptabilă.

Tensiunea furnizată de redresor s-a luat sensibil mai mare decît tensiunea la bornele unui acumulator de 12 V complet încărcat (circa 14,4 V). Diferenţa aceasta este necesară pentru a compensa căderile de tensiune pe tiristor în conducţie şi pe rezistenţa R_{11}, care joacă aici rolul de traductor de curent.

În legătură cu dimensionarea rezistorului R_{11} se impun cîteva observaţii importante. Valoarea rezistenţei sale (în schema iniţială 0,33 Ω) este determinată în ceea ce priveşte plaja în care poate fi reglat din P_1 curentul maxim de încărcare. Pentru comanda fermă a tranzistorului T_2, prin divizorul P_1—R_8 (deci pentru intrarea în acţiune a limitării automate de curent), căderea de tensiune la bornele lui R_{11} trebuie să fie de cel puţin circa 1 V. Dacă dorim de exemplu, să alegem pragul inferior al curentului maxim de încărcare la circa 3 A, vom lua $R_{11} = 1\ V/3\ A = 0{,}33\ \Omega$. În unele situaţii practice este util să putem limita curentul la o valoare chiar mai mică, de exemplu de 2 A (deci $R_{11} = 0{,}5\ \Omega$). După ce am stabilit acest prag inferior, care devine astfel un parametru dat prin construcţie, prin manevrarea potenţiometrului P_1 ne alegem curentul maxim de lucru dorit. Atenţie însă la configuraţia divizorului P_1—R_8: atunci cînd cursorul potenţiometrului se află în extremitatea 2, deci cînd P_1 este şuntat complet, tranzistorul T_2 nu se mai poate

„deschide" și, prin urmare, limitarea de curent (blocarea tiristorului) nu mai operează. Dacă butonul potențiometrului nu este etalonat în prealabil, riscăm astfel să suprasolicităm pînă la distrugere tiristorul, deoarece siguranța fuzibilă se arde de regulă prea tîrziu (este însă utilă pentru protecția transformatorului și a bateriei). De aceea se recomandă ca orice reajustare din P_1 a curentului maxim de încărcare să fie urmată de o verificare orientativă prin măsurarea căderii de tensiune pe R_{11}. Un control vizual suplimentar este oferit în acest sens de dioda LED, conectată la bornele lui R_{11}, în serie cu rezistența de limitare R_1.

La dimensionarea rezistorului R_{11}, se va avea în vedere curentul maxim preconizat, de circa 4—4,5 A. Conductorul din care se realizează, de preferință constantan sau manganină, trebuie să suporte fără încălzire periculoasă acest curent. În caz contrar se pot răsuci împreună două-trei fire mai subțiri (de exemplu, două fire de constantan cu diametrul de 0,7—0,8 mm). Valoarea dorită a rezistenței se stabilește măsurînd căderea de tensiune între capete, atunci cînd conductorul este parcurs de un curent dat (de exemplu, circa 1,5 V la 3 A). După realizarea rezistorului se impune o probă în sarcină maximă, timp de o jumătate de oră. Din punct de vedere al puterii de disipație a acestui rezistor, orice supradimensionare accesibilă este utilă. Nu trebuie să uităm că la funcționarea în impulsuri, diferența dintre valoarea medie și cea eficace poate deveni apreciabilă. Pe cîtă vreme un ampermetru înseriat cu R_{11} (sau un voltmetru în paralel) va indica valoarea medie a curentului (a tensiunii la borne), încălzirea prin efect Joule este determinată de intensitatea eficace a curentului, care poate depăși cu mult media. Oricum, rezistorul R_{11} se va plasa pe un perete lateral al cutiei aparatului, distanțat corespunzător, pentru o răcire eficientă prin autoventilație. *(I.M.)*

11. REDRESOR AUTOMAT

La schema redresorului din figura X.11 tensiunea pulsatorie, furnizată de blocul redresor, este aplicată bateriei de încărcat prin intermediul unui tiristor, *Th*, cu rol de comutator static. Amorsarea tiristorului este controlată simultan de către un circuit care „măsoară" tensiunea la bornele acumulatorului și un alt circuit care „măsoară" curentul de încărcare.

După ce s-a conectat acumulatorul ce urmează a fi încărcat, tensiunea de la bornele acumulatorului face ca prin divizorul R_7—R_3, ca și prin joncțiunea bază-emitor a lui T_1, să circule un curent slab. Ca urmare, tranzistorul T_1 intră în conducție, curentul prin R_4 devine suficient pentru deschiderea lui T_4 și în consecință tiristorul este amorsat.

Dacă bateria conectată la ieșire este puternic descărcată (are o tensiune sub 4 V), curentul debitat de ea prin divizorul R_7—R_3 este insuficient pentru deschiderea tranzistorului T_1. Pentru astfel de situații a fost prevăzut butonul „Pornire", prin a cărui apăsare T_1 intră în conducție, T_4 la fel și tiristorul amorsează. Butonul se ține apă-

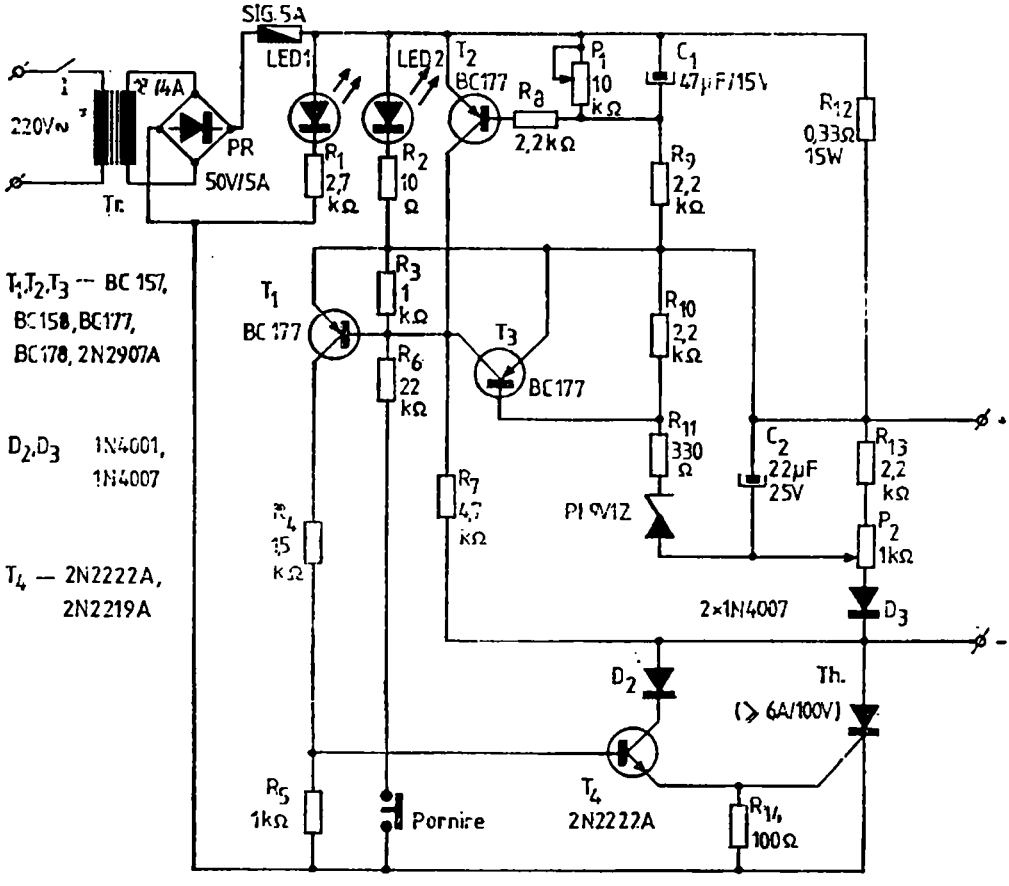


Fig. X.11. Redresor automat.

sat cîteva zeci de secunde, timp în care tensiunea bateriei creşte suficient pentru automenţinerea încărcării.

Să vedem în continuare cum intervin circuitele, traductoare de tensiune şi de curent pentru controlul amorsării. Curentul de încărcare produce la bornele rezistenţei $P_{...}$ o cădere de tensiune, mediată de ...nsatorul C_1. Cînd acesta depă... valoare prestabilită, tranzi... se deschide şi îl blochea... ...mpiedicînd amorsarea ti... stabileşte astfel o limit... rentului de încărcare, reglabilă din potenţiometrul P_1.

Pe de altă parte, tensiunea la bornele bateriei este „urmărită" de T_3. Atunci cînd ea depăşeşte valoarea fixată prin reglajul lui P_2, tranzistorul T_3 se deschide şi îl blochează T_1, împiedicînd amorsarea tiristorului.

Dioda electroluminescentă LED_1 serveşte ca indicator de reţea, iar LED_2 oferă o indicaţie vizuală a curentului mediu de încărcare.

Transformatorul se dimensionează pentru a furniza în secundar circa

18 V la un curent de 4 A. Puntea redresoare (la cel puțin 5 A/50 V) și tiristorul (orice tip, la minimum 6 A/100 V) vor fi montate pe radiatoare adecvate.

După realizarea în forma experimentală, montajul se alimentează de la rețea, fără însă a conecta la ieșire bateria de acumulatoare. Se măsoară tensiunea continuă după punte, care trebuie să fie de cca 20 V (±20%) și tensiunea la bornele de ieșire, care trebuie să fie zero.

Se plasează cursorul lui P_1 la extremitatea dinspre R_8 și cursorul lui P_2 la extremitatea dinspre R_{13}, după care se conectează la ieșire o baterie complet descărcată. După demararea încărcării (prin apăsarea butonului „Pornire" atîta timp cît este necesar), se măsoară tensiunea la bornele lui R_{12}. Se ajustează P_1 astfel încît căderea de tensiune pe R_{12} să fie de cca 1 V, ceea ce asigură limitarea curentului maxim de încărcare la 8 A.

Reglajul lui P_2 se poate face numai după încărcarea completă a bateriei. În acest scop se pune voltmetrul la bornele bateriei și se așteaptă ca indicația să atingă 14 V. În acest moment se mută voltmetrul la bornele lui R_{12} și se ajustează P_2 astfel ca indicația să fie mai mică de 0,5 V.

După aceste reglaje montajul poate fi utilizat „de probă". Se recomandă ca primele funcționări să fie supravegheate, urmărindu-se încălzirea pieselor (diode, tiristor, R_{12}), care nu trebuie să depășească limitele admise. De asemenea se vor verifica prin măsurători directe limitările de curent impuse (la pornire, $I = 3$ A, iar la terminarea încărcării $I = 0$).

Protecția de scurtcircuit este realizată prin siguranța fuzibilă de 5 A. *(I.M.)*

12. CUM SE REALIZEAZĂ PROTECȚIA MONTAJELOR ELECTRONICE?

Pentru orice montaj electronic este necesar a fi prevăzut un sistem de protecție la suprasarcinile aleatoare care pot apare în timpul funcționării. Solicitările accidentale ale componentelor active sau pasive de circuit se clasifică în două mari categorii:

— depășirea tensiunii maxime admise;

— depășirea curentului maxim admis.

În funcție de aceste tipuri de solicitări s-au prevăzut cele două sisteme de protecție:

— protecția la supratensiune;

— protecția la supracurent.

Protecția la supratensiune a unui montaj electronic are ca scop limitarea unor creșteri accidentale de tensiune, deoarece orice componentă electronică are prevăzut un regim de funcționare bine definit în această privință. Depășirea valorii maxime de tensiune are de cele mai multe ori ca efect distrugerea sigură a componentei electronice. Sistemul de protecție la supratensiune trebuie să fie rapid, în scopul realizării unei protecții eficiente. Majoritatea sistemelor se bazează pe amplasarea, în momentul apariției undei de supratensiune, a unui circuit cu rezistență internă mică, pentru limitarea ei. În figurile X.12, X.13 și X.14

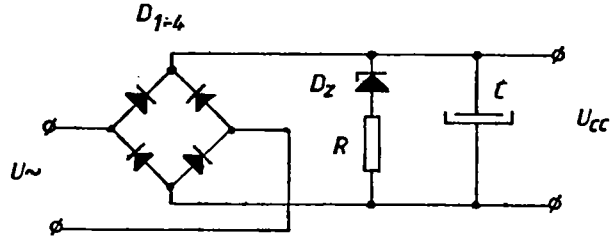


Fig. X.12. Protecţia la supratensiune prin limitarea frontului unei supratensiuni accidentale cu diodă Zener.

se prezintă unele sisteme uzuale de protecţie a unui montaj electronic la supratensiuni accidentale. Sistemul prezentat în figura X.12 utilizează proprietatea unei diode Zener de limitare (stabilizare) a tensiunii, pentru o gamă diversă de curenţi. În condiţii normale de funcţionare ($U_{red\ max} < U_z$) dioda Zener nu intervine, rămînînd „blocată".

La apariţia undei de supratensiune, dioda Zener limitează valoarea maximă a frontului de undă $U \simeq U_z$, protejînd condensatorul de filtraj C şi diodele din puntea redresoare. Rezistenţa R (de valoare foarte mică) limitează curentul prin dioda Zener. În figura X.12 se observă amplasarea în colectorul tranzistorului T a diodei D, în paralel cu bobina releului R_{EL}. În acest fel tranzistorul T este protejat la apariţia tensiunii de autoinducţie la bornele bobinei (dioda o scurtcircuitează). În figura X.14 se observă prezenţa tiristorului T, care la depăşirea unei anumite valori a tensiunii de la bornele rezistenţelor $R_1 + R_2$, se amorsează, produce un scurtcircuit al tensiunii de alimentare şi, prin arderea siguranţei fuzibile S, întrerupe alimentarea cu energie electrică a consumatorului L.

Protecţia la supracurent a unui montaj electronic se bazează pe sesizarea de către sistemul de protecţie a depăşirii curentului admisibil. Ca urmare a acestui lucru sistemul de protecţie acţionează. El poate acţiona în două feluri:

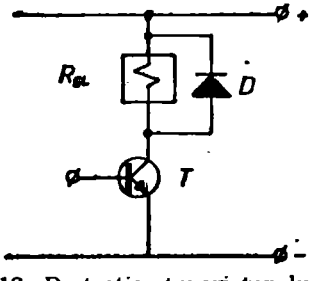


Fig. X.13. Protecţia tranzistorului T la supratensiunea generată de bobina releului *Rel* datorită fenomenului de autoinducţie.

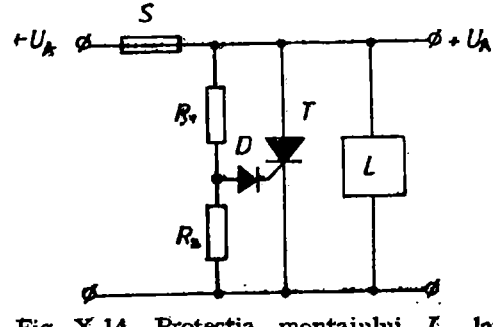


Fig. X.14. Protecţia montajului L la supratensionare prin întreruperea alimentării în momentul apariţiei undei de supratensiune.

— întreruperea curentului în circuitul electric;

— limitarea curentului la o valoare prestabilită.

Deoarece depășirea curentului maxim admisibil de lucru provoacă de cele mai multe ori distrugerea componentei electronice datorită efectului termic, sistemul de protecție se dimensionează astfel încît viteza sa de răspuns să asigure funcționarea într-un timp util. Cel mai simplu mijloc de protecție la supracurent este siguranța fuzibilă, preferată în multe cazuri datorită eficienței sale. Indiferent de tipul protecției alese, orice montaj electronic are amplasată în circuitul principal de alimentare cel puțin o siguranță fuzibilă, dimensionată corespunzător. În funcție de viteza necesară asigurării protecției, siguranțele pot fi simple sau ultrarapide.

Un alt tip de protecție la supracurent este format din montajele care sesizează supracurentul și imediat declanșează sistemul de limitare sau întrerupere al acestuia. Limitarea curentului se poate face prin două metode:

— limitarea curentului prin acționarea asupra elementelor din montaj care contribuie la generarea lui;

— limitarea curentului prin întreruperea lui.

În figura X.15 se observă sistemul de protecție la supracurent al unui amplificator de audiofrecvență — etajul final. La depășirea curentului maxim stabilit pentru etajul final, apare o tensiune la bornele rezistorilor R și R_E, care comandă deschiderea tranzistoarelor T_3 și T_4. În acest fel curentul

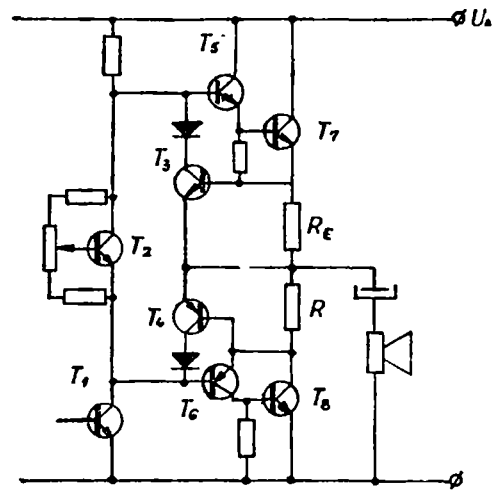


Fig. X.15. Protecția unui etaj final la supracurent.

din bazele tranzistoarelor T_5 și T_6 este limitat, acest lucru avînd ca efect limitarea curenților de colector și tranzistoarelor T_7 și T_8, deci limitarea curentului livrat de etajul final.

În figura X.16 se remarcă sistemul de limitare a curentului furnizat de un etaj stabilizator de tensiune. În momentul depășirii unei anumite valori a tensiunii la bornele rezistorului R_E, tranzistorul T_4 se deschide și limitează (derivarea prin consumator) curentul livrat de către rezistorul R dubletului T_1T_2. În acest fel curentul de colector al tranzistorului T_1 se micșorează, deci este realizată limitarea curentului livrat de stabilizatorul de tensiune.

De cele mai multe ori, sistemele de protecție la supratensiune și supracurent sînt prezente simultan în cadrul unui montaj electronic, asigurînd funcționarea acestuia în condiții normale de exploatare. *(E.M.)*

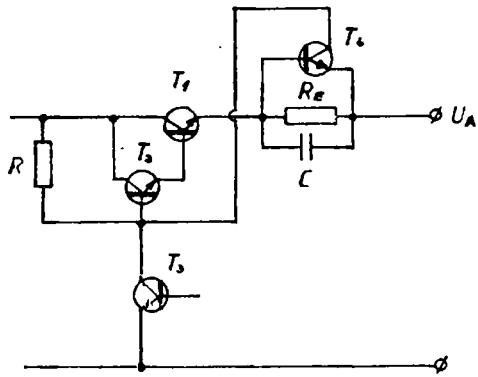


Fig. X.16. Protecţia unui stabilizator de tensiune la supracurent.

13. CUM SE REALIZEAZĂ UN TRANSFORMATOR DE REŢEA?

Transformatorul de reţea reprezintă unul din elementele esenţiale din cadrul unui montaj electronic. El îndeplineşte rolul conversiei parametrilor energiei electrice preluate de la reţeaua de alimentare, în scopul adaptării tensiune-curent la necesităţile energetice ale montajului. Pentru realizarea unui transformator de reţea este necesar a se cunoaşte următoarele date iniţiale:

— tensiunile de la bornele înfăşurării primare U_1 şi bornele înfăşurărilor secundare U_{21}, U_{22}, ..., U_{2n};

— curenţii maximi preluaţi de la bornele înfăşurării secundare I_{21}, I_{22},... ..., I_{2n}.

Parametrii necesari stabilirii elementelor constituente practice ale transformatorului se calculează în felul următor:

— puterea totală preluată de la reţea:

$P_1 = 1{,}05\ (P_{21} + P_{22} + \ldots + P_{2n})$

$P_{21} = U_{21}I_{21}$, $P_{22} = U_{22}I_{22}$, ...,

..., $P_{2n} = U_{2n}I_{2n}$

— curentul de la înfăşurarea primară, preluat de la reţea:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1}$$

— dimensiunile miezului magnetic (secţiunea $a \times b$)

$S_{FE} = 1{,}2 \sqrt{P_1}$ [cm²]

$S_{\text{PACHET TOLE}} = \frac{S_{FE}}{0{,}95} = (a \times b)$ [cm²]

se recomandă $a \leqslant 1{,}2b$

— calculul numărului de volţi pe spiră e şi al numărului total de spire al înfăşurărilor:

$$e = \frac{48}{S_{FE}}$$

$$N_1 = U_1/e \quad N_{21} = \frac{U_{21}}{e} \ldots N_{2n} = \frac{U_{2n}}{e}$$

Conductorul de CuEm se alege din tabelul X.1, în funcţie de valoarea maximă a curenţilor. Din acelaşi tabel se alege şi factorul de spaţiu al bobinajului ξ (numărul de spire pe cm²). Se calculează suprafaţa minimă a ferestrei transformatorului (suprafaţa în care intră carcasa bobinată).

$$A_{\text{min}} = \frac{N_1}{\xi_1} + \frac{N_{21}}{\xi_{21}} + \frac{N_{22}}{\xi_{22}} + \ldots \frac{N_{2n}}{\xi_{2n}}$$

— se alege unul din tipurile de tolă prezentate în figura X.17, avînd în vedere şi grosimea pereţilor carcasei pe care se execută bobinajul înfăşurărilor:

$A_{\text{min}} \leqslant 0{,}85\ A_{\text{REAL}}$

$A_{\text{REAL}} = A_{\text{tolă}} - A_{\text{carcasă}}$

Avînd aceste date pregătite, se trece la realizarea practică a transformatorului. Carcasa pe care se execută bobinajul înfăşurărilor este realizată dintr-un material izolant de tip pertinax, textolit, sticlotextolit etc. Se recomandă ca detaliul C figura X.18, să aibă o grosime de 1,5 ... 2 ori mai mare decît detaliile A şi B. Dimensiunile detaliilor A, B şi C ale carcasei se corelează astfel încît tolele miezului

Date cu privire la conductorii de CuEm folosiți la realizarea bobinajelor.

Tabelul X.1

DIMENSIUNEA ø [mm]	SECȚIUNEA [mm²]	CURENT MAXIM ADMISIBIL [mA]	REZISTENȚA [Ω/m]	[NR. SPIRE/cm²]	
				CU IZOLAȚIE ÎNTRE STRATURI	FĂRĂ IZOLAȚIE ÎNTRE STRATURI
0.05	0.00196	7	8.85	13 250	16 150
0.06	0.00283	10	6.15	10 250	11 630
0.07	0.00385	12	4.52	3 330	9 700
0.08	0.00503	17	3.46	7 170	8 260
0.09	0.00636	22	2.73	5 970	6 800
0.1	0.00785	24	2.21	4 460	6 100
0.12	0.01131	34	1.537	3 190	4 210
0.15	0.01767	53	0.983	2 260	2 880
0.18	0.02545	76	0.682	1 730	2 050
0.2	0.03142	94	0.552	1 465	1 715
0.22	0.03801	115	0.457	1 210	1 460
0.25	0.04909	147	0.354	978	1 140
0.28	0.06158	188	0.282	813	925
0.3	0.07069	215	0.246	722	807
0.35	0.08621	293	0.1806	530	594
0.4	0.1257	315	0.1383	350	470
0.45	0.1590	400	0.1092	277	371
0.5	0.1964	490	0.0885	224	300
0.55	0.2376	590	0.0731	190	254
0.6	0.2827	650	0.0615	162	200
0.65	0.3318	760	0.0524	140	186
0.7	0.3848	880	0.0452	125	153
0.8	0.5027	1 150	0.0346	95.5	117
0.9	0.6362	1 450	0.0274	78	93
1.0	0.7854	1 800	0.0221	65	75
1.1	0.9503	2 200	0.01829	48.5	62
1.2	1.131	2 600	0.01536	40.5	52
1.3	1.327	2 750	0.01310	84.5	44.5
1.4	1.539	3 200	0.01129	31	40
1.5	1.767	3 500	0.00984	26.5	33.5
1.6	2.011	4 000	0.00863	22	28
1.8	2.545	5 100	0.00633	19	23
2	3.142	6 300	0.00556	15.5	19
2.2	3.801	7 600	0.00456	14.5	15.5
2.5	4.906	9 900	0.00354	12	12.2
2.8	6.158	12 300	0.00283	11.5	12
3	7.069	14 000	0.00246	8.5	9

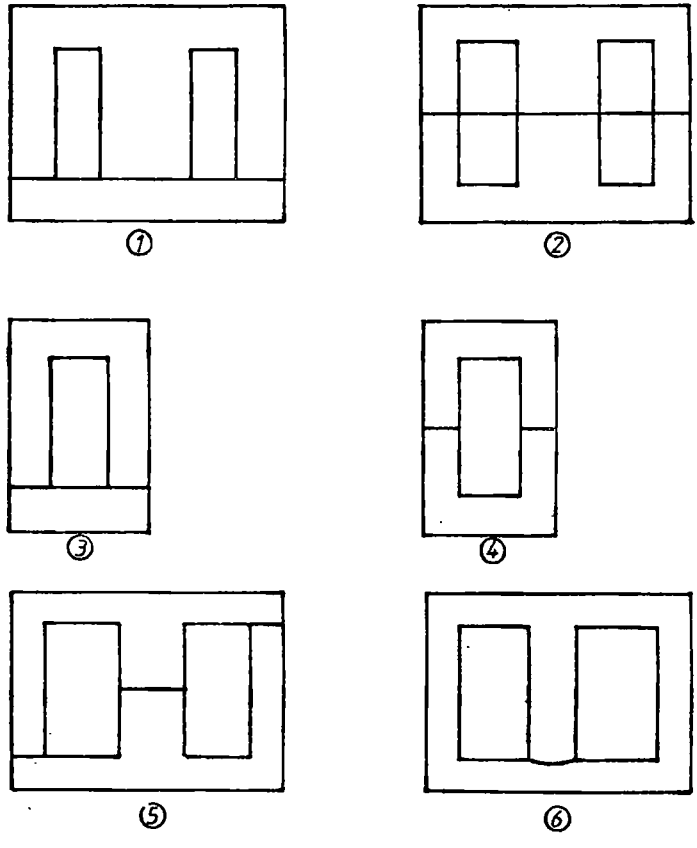


Fig. X.17. Tipuri de tole ştanţate pentru transformatoarele monofazate de dimensiuni mici (max. 200 VA); *1* — tole E+I, *2* — tole E+E, *3* — tole U+I, *4* — tole U+U, *5* — tole F+F, *6* — tolă T.

magnetic să intre relativ uşor, dar fără joc, în spaţiul interior al carcasei bobinate (fig. X.19).

Bobinajul se realizează avînd grijă ca la fiecare strat să fie dispusă o fîşie izolată din preşpan sau hostafan (sau pînză uleiată). Înfăşurarea primară se realizează prima, se dispun două straturi de pînză uleiată pentru o izolaţie dintre înfăşurările secundare şi reţea cît mai bună, şi apoi se continuă bobinarea înfăşurărilor secundare. Se recomandă ca lungimea terminalelor înfăşurărilor să aibă minim 15 cm. Fiecare terminal se izolează suplimentar cu un tub izolant din PVC, ţesătură de sticlă impregnată, etc.

După realizarea ultimului strat, bobina se impregnează cu vopsea sau lac nitrocelulozic subţire, se lasă să se usuce bine (minim 12 ore) şi ulterior se acoperă cu un ultim strat protector din preşpan sau alt material izolant (hostafan, triafol etc.).

După realizarea bobinării carcasei, aceasta se întoleză cu atenţie (pentru a nu zgîria bobina sau terminalele) şi apoi miezul magnetic se strînge cu

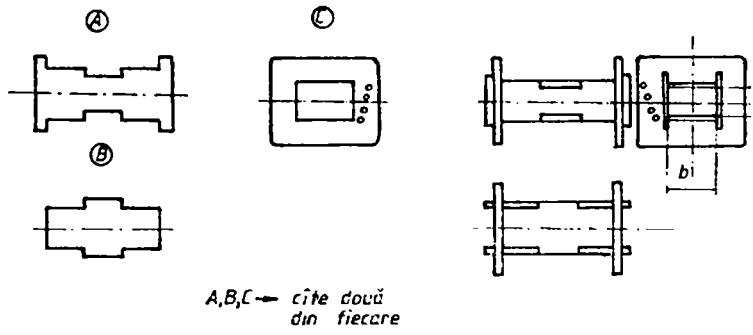


Fig. X.18. Modul de realizare a carcasei pentru bobinaj — detalii și modul de asamblare.

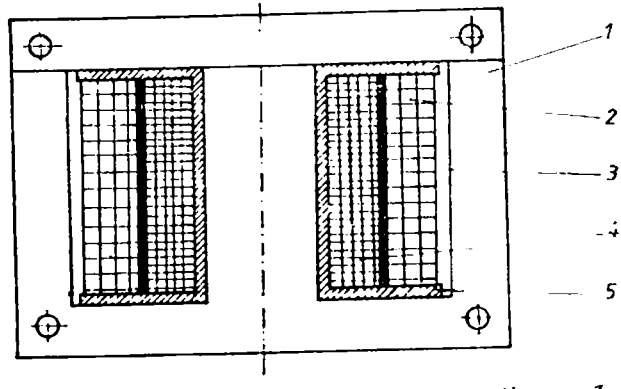


Fig. X.19. Transformatorul de rețea — secțiune; *1* — miez magnetic, *2* — înfășurarea secundară, *3* — izolația dintre înfășurările primară și secundară, *4* — înfășurarea primară, *5* — carcasa bobinajului.

ajutorul piesclor de strîngere. Tolele se vor dispune alternativ (E + I, I + E etc.) pentru a micșora cît mai mult întrefierul circuitului magnetic format de acestea. După strîngere miezul se pensulează cu un lac sau vopsea fluidă în vederea impregnării și se lasă la uscat minim 6 ore. După necesități, se poate prevedea și o placă de borne cu cose, care să fie prinsă de piesele de strîngere ale miezului magnetic. Terminalele bobinei se sudează prin cositorire la cosele plăcii de borne, care se marchează corespunzător prin numere sau litere, în vederea identificării cu ușurință. *(E.M.)*

CUPRINS

Notă asupra ediției 5

I. Despre elementele pasive de circuit
A. Rezistoare 6
1. Generalități 6
2. Caracteristici generale 7
3. Marcarea rezistoarelor 8
4. Clasificarea rezistoarelor 9
B. *Condensatoare (Capacitoare)* 12
1. Generalități 12
2. Caracteristici principale ale condensatoarelor 13
3. Tipuri constructive de condensatoare 15
C. *Bobine* 19
6. Generalități 19
1. Caracteristici principale 20
2. Construcția bobinelor 22
3. Tipuri de bobine 22
4. Calculul bobinelor 23
5. Reglajul bobinelor 24

II. Despre diode și tranzistoare 26
1. Diodele și aplicațiile lor 26
2. Verificator pentru diode 30
3. Tranzistoarele și aplicațiile lor 31
4. Tester pentru tranzistoare 42
5. Echivalentele pentru diode și tranzistoare 43
6. Dispozitive de comutație statică 44

III. Cîteva sfaturi practice 48
1. Etapele de realizare ale unui montaj electronic 48
2. Tehnica lipirii componentelor în montajele electronice 51
3. Realizarea circuitului de masă 53

IV. Despre sursele de semnal și transductoarele electroacustice 56
1. Microfoane 56
2. Caracteristici electrice și acustice ale microfoanelor 57
3. Microfonul cu bobină mobilă 59
4. Microfonul cu bandă 60
5. Microfonul condensator 61
6. Microfonul cu electret 62
7. Doze de redare 63
8. Caracteristici mecanice și electroacustice ale dozelor de redare 64
9. Dozele cu cristal 66
10. Dozele ceramice 67
11. Dozele magnetice 68
12. Dozele electrodinamice 69

13. Dozele condensator ... 70
14. Capete de magnetofon şi de casetofon ... 70
15. Capul de ştergere ... 72
16. Capul de înregistrare ... 72
17. Capul de redare ... 73
18. Capul combinat ... 74
19. Difuzorul ... 75
20. Căşti acustice ... 77
21. Incinte acustice ... 77
22. Circuit de protecţie a incintei acustice ... 80
23. Sfaturi pentru întreţinerea transductoarelor electroacustice ... 81

V. Preamplificatoare ... 83
1. Preamplificator pentru doză cu cristal ... 83
2. Preamplificator pentru doză ceramică ... 83
3. Preamplificatoare pentru doze electrodinamice ... 85
4. Preamplificatoare cu tranzitoare pentru doza electromagnetică ... 86
5. Preamplificatoare Hi-Fi pentru doza electromagnetică 88
6. Preamplificatoare cu βA 741 ... 91
7. Preamplificator cu posibilităţi multiple ... 91

VI. Despre amplificatoarele audio 95
1. Clasele de funcţionare ... 95
2. Puterea de ieşire a amplificatoarelor audio ... 102
3. Amplificatoare audio liniare de bandă largă ... 103
4. Amplificator de 10 W ... 105
5. Amplificator de 30 W ... 107
6. Amplificator de 30 W de înaltă performanţă 108
7. Amplificator de 50 W ... 110
8. Amplificator de 60 W ... 111
9. Amplificator cu separare galvanică ... 113
10. Amplificator cu impedanţă mare de intrare ... 114
11. Megafon portabil ... 114

VII. Despre mixere, corectoare de ton, limitatoare dinamice de zgomot şi egalizoare grafice ... 117
1. Mixer cu două intrări ... 117
2. Mixer cu trei intrări ... 118
3. Controlul volumului în curent continuu ... 119
4. Compresor de dinamică ... 120
5. Corector de ton ... 121
6. Corector de ton cu posibilităţi multiple ... 122
7. Corector de ton Hutchinson ... 124
8. Corector de ton tip Loudness ... 124
9. Egalizor grafic cu 7 puncte de inflexiune ... 125
10. Egalizor grafic cu 10 octave ... 128
11. Egalizor parametric cu performanţe ridicate ... 134
12. Limitator dinamic de zgomot tip DNL ... 137
13. Filtru dinamic pentru limitarea zgomotului de fond (NFD) ... 141
14. Reducător de zgomot ... 144
15. Limitator dinamic de zgomot cu circuite integrate ... 145

VIII. Despre măsurători, verificări şi instrumente de măsură ... 149
1. Indicator al prezenţei tensiunii de reţea ... 149
2. Verificarea surselor de alimentare ... 150
3. Măsurarea curenţilor ... 150
4. Măsurarea componentelor RLC ... 150
5. Ohmmetru ... 151
6. Capacimetru ... 152

7. Frecvențmetru ... 154
8. Verificarea diodelor și a tranzistoarelor ... 156
9. Verificarea la „rece" a montajului ... 156
10. Verificarea regimului static al montajului ... 157
11. Generator pentru depanare ... 158
12. Generator RC ... 159

IX. Cîteva construcții uzuale ... 160
1. Termometru ... 160
2. Circuit pentru controlul temperaturii ... 161
3. Fonometru ... 163
4. Sesizor ... 163
5. Lumină pulsatorie ... 164
6. Dispozitiv de reglare a vitezei trenulețelor electrice 166
7. Regulator de tensiune ... 166
8. Fulger electronic ... 167
9. Detector de metale (I) ... 168
10. Detector de metale (II) ... 171
11. Antenă activă ... 171
12. Verificarea alternatorului, a releului regulator și a acumulatorului ... 173
13. Turometru electronic pentru „Dacia 1300" ... 173
14. Lumini pentru staționare ... 174
15. Aprindere electronică ... 174

X. Despre alimentarea și protecția montajelor electronice ... 177
1. Cum se realizează alimentarea montajelor electronice? 177
2. Convertoare CC-CC ... 178
3. Sursă stabilizată ... 179
4. Alimentator autoprotejat ... 180
5. Alimentator diferențial ... 181
6. Reducător de brum ... 182
7. Alimentator pentru calculator ... 184
8. Alimentator pentru becurile fluorescente ... 184
9. Convertizor ... 185
10. Redresor pentru acumulatoare ... 186
11. Redresor automat ... 188
12. Cum se realizează protecția montajelor electronice? 190
13. Cum se realizează un transformator de rețea? ... 193

Bun de tipar : 28.XII.1987
Apărut : 1988
Comanda nr. 2804
Coli de tipar : 12,5
Tiparul executat sub comanda nr. 70 381
la Combinatul Poligrafic „Casa Scînteii"
Piața Scînteii 1, București
REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA